

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09186095 A**

(43) Date of publication of application: **15 . 07 . 97**

(51) Int. Cl. **H01L 21/205**
C23C 16/44
H01L 21/285
H01L 21/285

(21) Application number: **08174591**

(22) Date of filing: **04 . 07 . 96**

(30) Priority: **01 . 11 . 95 JP 07284958**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:
NISHITANI EISUKE
UCHIDA NORIHIRO
MORIOKA NATSUYO
ARAI TOSHIYUKI
SUZUKI MIWAKO
KOBAYASHI HIDE
HOSHINO MASAKAZU
WATANABE TOMOJI
MATSUBARA SUNAO
NOGUCHI YUJI
UCHINO TOSHIYUKI
TAKAMATSU AKIRA

(54) **METHOD AND APPARATUS FOR FORMING FILM AND MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR DEVICE**

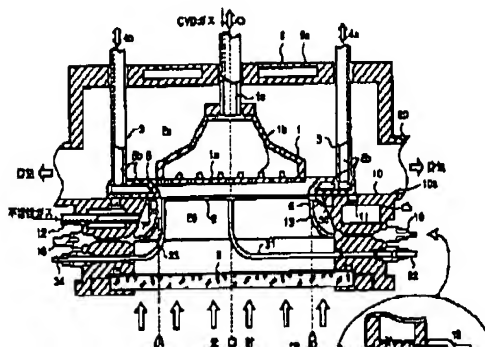
surface, thereby preventing the peel of the film upon formation of the film onto the rear surface of the board 2 and the wall to the rear surface side.

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)1997,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a CVD film of which quality with a uniform film thickness by feeding a gas which does not relate to film formation from the rear surface side of a base to a gap of the periphery of the front surface, locally heating a base suppressing member contact area upon heating the base, and forming the film on the surface of the base with the reaction gas of the front surface side.

SOLUTION: A substrate 2 is pressed from its rear surface, the periphery of the front surface is brought into contact with the ring-like substrate suppressing member 5, and the space of the front and rear surface sides of the substrate 2 is sealed and separated by O-ring sealing between the member 5 and the bottom ring



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-186095

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/44

H 0 1 L 21/285

識別記号

庁内整理番号

F I

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/44

H 0 1 L 21/285

H

C

技術表示箇所

3 0 1

3 0 1 R

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平8-174591

(22) 出願日 平成8年(1996)7月4日

(31) 優先権主張番号 特願平7-284958

(32) 優先日 平7(1995)11月1日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 西谷 英輔

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株

式会社日立製作所半導体事業部内

(72) 発明者 内田 憲宏

東京都小平市上水本町五丁目20番1号 株

式会社日立製作所半導体事業部内

(72) 発明者 森岡 なつよ

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

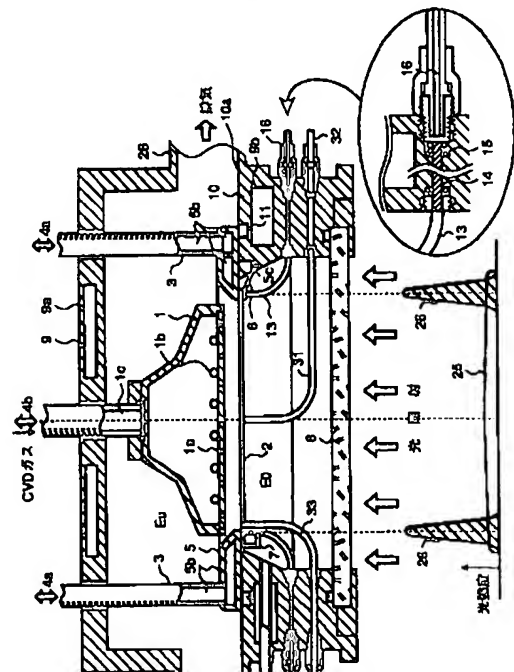
(54) 【発明の名称】 成膜方法ならびにその装置及び半導体装置の製造方法

(57) 【要約】

【解決手段】 基体表面側の周辺部を冷却された部材に当接して支持し、前記基体の表面側に反応ガスを供給し、前記冷却された部材によって基体の周辺部から放出された熱量を補うために前記基体の冷却された部材が当接した領域を局部的に加熱して、前記反応ガスを反応させて前記基体表面上に反応膜を形成する。

【効果】 基板の裏面やCVDリアクタ内の不要な部分に形成された膜剥がれによる異物混入による不良をなくすと共に、良好な膜厚均一性を確保した良質の反応膜を形成できる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】冷却された基体抑え部材に基体の表面側の周辺部を当接して支持し、成膜に関与しないガスを前記基体の裏面側から前記基体抑え部材と基体の表面周辺部との間に形成された隙間を通して流し、前記基体の表面側に反応ガスを供給し、前記基体を加熱すると共に前記基体の前記基体抑え部材が接する領域を局部加熱して前記反応ガスにより前記基体の表面に反応膜を形成することを特徴とする成膜方法。

【請求項2】前記局部加熱は、導入光学系を用いて光を前記基体の裏面側周辺部に導いて照射することにより、または前記基体の裏面側周辺部に密着したヒータからの加熱により行われることを特徴とする請求項1に記載の成膜方法。

【請求項3】前記反応ガスの接触するリアクタ内壁温度を成膜反応温度以下、原料ガスの沸点以上に制御することによりリアクタ内の前記基体以外での余分な反応を抑えることを特徴とする請求項1または2に記載の成膜方法。

【請求項4】基体の外径よりも大きな内径にくり抜かれた冷却されたリアクタ下部内壁面に前記基体外周部に当接して前記基体を支持し、成膜に関与しないガスを前記基体の裏面側から前記くり抜かれたリアクタ下部内壁面と前記基体外周部との間に形成される隙間を通して流し、前記基体の表面側に反応ガスを供給し、前記基体の表面側から基体を加熱すると共に前記基体の前記リアクタ下部内壁面が当接する領域を局部加熱して前記反応ガスにより基体の表面に反応膜を形成することを特徴とする成膜方法。

【請求項5】前記局部加熱は、導入光学系を用いて光を前記基体の裏面側周辺部に導いて照射することにより、または前記基体の裏面側周辺部に密着したヒータからの加熱により行われることを特徴とする請求項4に記載の成膜方法。

【請求項6】前記反応ガスの接触するリアクタ内壁温度を成膜反応温度以下、原料ガスの沸点以上に制御することによりリアクタ内の前記基体以外での余分な反応を抑えることを特徴とする請求項4または5に記載の成膜方法。

【請求項7】前記基体の中央部への加熱をリアクタの透過窓を介して前記リアクタ外部に設置したランプ光源から前記基体へ照射することにより行うことを特徴とする請求項4から6何れかに記載の成膜方法。

【請求項8】前記基体の中央部への加熱に用いるランプ光を反射させるための反射鏡を成膜中に上下に移動させることにより、基体へ照射する照度分布を制御して加熱し、反応膜を形成することを特徴とする請求項7に記載の成膜方法。

【請求項9】前記基体への成膜中にリアクタ内のガス流れの方向を切り換えて反応膜を形成することを特徴とする

る請求項4または5に記載の成膜方法。

【請求項10】前記基体を回転させて反応膜を形成することを特徴とする請求項4または5に記載の成膜方法。

【請求項11】基体表面側の周辺部を、冷却された基体抑え部材によって当接して支持し、前記基体の表面側に反応ガスを供給し、前記基体の前記基体抑え部材が当接する領域から放出された熱量を補うために前記領域を局部的に加熱して、前記反応ガスを反応させて前記基体表面に反応膜を形成することを特徴とする成膜方法。

【請求項12】冷却された基体抑え部材に基体の表面側の周辺部を当接して支持する手段と、成膜に関与しないガスを前記基体の裏面側から前記基体抑え部材と前記基体の表面周辺部との間に形成された隙間を通して流すように前記基体の裏面側に供給する手段と、前記基体の表面側に反応ガスを供給する手段と、前記基体を加熱する第1の加熱手段および前記基体の前記基体抑え部材が当接する領域を局部的に加熱する第2の加熱手段とを備えたことを特徴とする成膜装置。

【請求項13】基体の外径よりも大きな内径にくり抜かれ冷却されたリアクタ下部内壁面に前記基体外周部に当接させて前記基体を支持する支持手段と、成膜に関与しないガスを前記基体の裏面側から前記リアクタ下部内壁面と基体外周部との間に形成された隙間を通して流すようにガスを供給するガス供給手段と、前記基体の表面側に反応ガスを供給する手段と、前記基体の表面側から基体を加熱する第1の加熱手段および前記基体の前記リアクタ下部内壁面が当接した領域を局部加熱する第2の加熱手段とを備えたことを特徴とする成膜装置。

【請求項14】反応ガスの接触するリアクタ内壁温度を成膜反応温度以下、原料ガスの沸点以上に制御するための制御手段を有することを特徴とする請求項13に記載の成膜装置。

【請求項15】前記第1の加熱手段は、前記リアクタの透過窓を介し前記リアクタ外部に設置したランプ光源からの前記基体への照射であることを特徴とする請求項13に記載の成膜装置。

【請求項16】前記ランプ光源の反射鏡を成膜中に上下に移動させる反射鏡移動手段を有することを特徴とする請求項15に記載の成膜装置。

【請求項17】前記基体への成膜途中でリアクタ内のガスの流れ方向を切り換えるためのガス導入制御バルブおよび排気制御バルブ、さらにこれらのバルブを制御するためのバルブ制御手段を有することを特徴とする請求項13に記載の成膜装置。

【請求項18】前記第2の加熱手段は、導入光学系により光を基体の裏面側周辺部に導いて照射して加熱する手段であることを特徴とする請求項13に記載の成膜装置。

【請求項19】前記導入光学系は、袴状または円筒状の光ガイドで形成されていることを特徴とする請求項18

記載の成膜装置。

【請求項 20】前記第 2 の加熱手段として、基体の裏面側周辺部に近接して配置した発熱体を有するヒータによって構成したことを特徴とする請求項 13 に記載の成膜装置。

【請求項 21】前記局部加熱する熱量と前記基体の周辺部に形成される反応膜の膜厚との関係を記憶する記憶手段と、前記基体の周辺部に形成される反応膜の膜厚を入力することによって前記記憶手段に記憶された関係から局部加熱量を算出して前記第 2 の加熱手段を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする請求項 13 に記載の成膜装置。

【請求項 22】前記基体を回転させる基体回転手段を有することを特徴とする請求項 13 に記載の成膜装置。

【請求項 23】基体上に絶縁膜を形成する工程と、前記絶縁膜中に開口部を形成する工程と、前記基体を成膜装置に搬入し、前記基体の周辺部を冷却されたリアクタ下部内壁面に当接して支持し、前記開口部が形成された前記絶縁膜上に原料ガスを供給すると共に、前記基体の裏面から前記基体の側面に不活性ガスを供給し、前記基体の前記リアクタ下部内壁面に当接された領域を局部的に加熱し、前記反応ガスを反応させて前記基体表面上に配線膜を形成する工程と、前記配線膜をエッチングし配線を形成する工程を有することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、半導体ウエハ等の基板上に薄膜の形成を行うための成膜方法、その装置、及びその薄膜の形成法を用いた半導体装置の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】LSI の高集積化・微細化に伴い、配線膜形成工程では、より段差被覆性の良い配線形成プロセスが用いられるようになっている。この配線形成プロセスの一つとして、例えばタングステンのような金属膜を CVD (Chemical Vapor Deposition: 化学的気相成長法) によって形成する方法が最も実績のある方法として知られている。

【0003】この CVD 膜を形成する枚葉式の CVD 装置について、種々のヒーターを独立制御してウエハ面内の温度分布を低減することが、特開平 7-94419 号に記載されている。

【0004】さらに、容器と熱源を二重にして、熱制御を容易とし均一に加熱するようにしたエピタキシャル蒸着用熱反応器が特開平 7-58020 号に記載されている。

【0005】また、基板表面以外の CVD ガスの接触するチャンバ内壁は全て水冷等によって CVD 反応温度以下に抑え、チャンバ内壁の不要な膜形成を発生させない

ようにした熱 CVD 装置が米国特許 (USP 5, 094, 885) および特開平 7-99162 号に記載されている。さらに、米国特許 (USP 5, 094, 885) には、基板裏面に反応生成物が付着しないように、基板裏面から側面へ不活性ガスを流すことが記載されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかし、上述のような CVD 装置や熱反応容器では、基板の温度均一性を確保するために用いられるサセプタは基板と同じあるいはそれ以上の温度に加熱されており、CVD 反応ガスがその表面に接するだけで容易に膜形成が生じ、これが剥がれる事で異物の発生となる。また、反応容器内壁近傍で反応し反応容器内壁に反応物が付着し、これが剥がれたり、基板裏面にも反応ガスが流れ基板裏面に反応物が付着してこれが剥がれて異物となる場合もある。これは、CVD 一般におけるリアクタ内の異物発生による歩留り低下の原因になっている。

【0007】また、チャンバ内壁を全て水冷した場合、基板周辺近傍に存在する部品も反応温度以下に抑えているため、ガスの熱伝導により基板周辺部が冷却され、膜厚均一性が著しく低下するという問題がある。

【0008】本発明の目的は、被成膜基板の裏面や CVD リアクタ内の不要な部分に形成された膜剥がれに起因する異物混入による不良をなくして、良好な膜厚均一性を確保した良質の CVD 膜を基板の表面領域に亘って成膜できるようにした CVD 成膜方法及び CVD 装置、及びそれを用いた半導体装置の製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的は、基体表面側の周辺部を冷却された部材に当接して支持し、前記基体の表面側に反応ガスを供給し、その冷却された部材によって基体から放出された熱量を補うために冷却された部材が当接した基体領域を局部的に加熱して、前記反応ガスを反応させて前記基体表面上に反応膜を形成することによって達成される。このように、基板の周辺部の部材を冷却することによって反応生成物の前記部材への付着堆積を防止でき、かつ冷却された基板周辺部の部材によって基板の周辺部の熱が放出されてもその分の熱量が補われるため、ウエハ面内の温度分布がより均一となる。

【0010】なお、基板の温度分布を測定しながらその温度分布に応じて局部加熱する加熱量を制御すると、より均一性が向上する。この局部加熱は、光照射あるいはヒーターによってもよく、基板の表面側裏面側何れから加熱しても良い。局部加熱を光導入光学系を用いて行う場合には基板の周辺部を限定して照射することが可能となり、膜厚均一性がより良好となり、さらに基板以外の箇所でも成膜温度以上に加熱されることを殆ど無くすること

10

20

30

40

50

ができ、不要な膜の形成を防止できる。一方、局部加熱をヒータを用いて行う場合には、簡単な構成で膜厚均一性良くCVD膜が形成できる。なお、ヒーターは発熱体を絶縁材で被覆して構成しても良い。

【0011】また、予め基板上に形成された膜厚分布を測定しておき、その測定結果に基づき局部加熱を制御してCVD膜を形成しても良い。

【0012】基板裏面側へCVD原料ガスが流れ込むのを防ぐ具体的な方法として、リアクタ内に基板を配置して、この基板の表面側にCVD原料ガスを充満し、かつ上記基板の裏面側に成膜に関与しないガスを前記CVD原料ガスの圧力よりも高い圧力になるよう充満し、裏面側に充満した成膜に関与しないガスを前記基板の周辺部を通じて表面側空間に流出させるようにする方法が挙げられる。

【0013】

【発明の実施の形態】

(実施例1) 図1及び図2は本発明に係る無発塵熱CVD装置のCVDリアクタ(光ファイバ加熱併用型)の要部断面を示す図である。また、図14は本発明に係る装置全体の概略を示す図である。これらの図に示すように、基板2は、基板フォーク110によりウエハ搬送室101からゲートバルブ111a, b, cを通してリアクタ(反応室)9内に搬入される。基板2はシリコンのウエハ(半導体基板)が用いられる。リアクタ(反応室)9内は、基板2の裏面周辺部が後述する3個の基板支持ピン6からなる支持手段により押圧されて基板2の表面周辺部がリング状の基板抑え部材5に当接し、この基板抑え部材5の下端面5cが底部リング部10の上面10aに接触することによってOリングシール11によってシールされて被成膜基板2の表面側の空間Euと被成膜基板2の裏面側の空間Eoとが密閉分離される。そしてリアクタ(反応室)9の壁に亘って、成膜下限温度よりも低く、CVD原料ガスが凝縮しないようCVD原料ガスの沸点よりも高くするための熱媒体(例えば水、エチレングリコール(0℃以下にする場合)、オイル(100℃以上にする場合))を流す熱媒体通路9a、9bが形成され、リアクタ(反応室)9の壁には反応膜が形成されないように構成されている。例えばW-熱CVDの場合は、0~50℃程度の冷水または温水が最適であるが、酸化膜形成に用いられるTEOS(テトラエトキシシラン: $\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4$)をCVD原料ガスとして用いる場合には、TEOSの沸点が比較的高く(~90℃)リアクタ9、10内壁に凝縮し易いため90~150℃の熱湯あるいはオイルを用いることが好ましい。しかし、CVD成膜反応温度(300℃以上)から見れば十分低くリアクタ内壁やリアクタ内の部品の温度上昇を抑えていることから、人間の感覚からすれば十分高い温度であっても、あえて熱媒体を「冷媒」と呼び、熱媒体を循環させリアクタ等の温度を反応温度以下

に抑えることを「冷却する」と表現する。

【0014】リング状の基板抑え部材5は、表面を上側に向けた基板2の裏面周辺部を、図13に示すように3個の基板支持ピン6からなる支持手段により押圧支持することによって基板2の表面周辺部を当接して抑えるものである。そしてリング状の基板抑え部材5にはその上面に上下動される基板引上げロッド3が固設され、この基板引上げロッド3はシリンダ機構からなる上下機構4a(図示省略)によって上下に駆動させられる。そして基板引上げロッド3も含めてリング状の基板抑え部材5には、成膜下限温度(W-熱CVDの場合成膜下限温度は300℃程度になる。)よりも低く冷却するように冷媒(例えば水、エチレングリコール(0℃以下の場合)、オイル(100℃以上の場合))を流す冷媒通路5bが形成されて十分冷却され、基板引上げロッド3も含めてリング状の基板抑え部材5の表面には反応膜が付着されないように構成されている。特にリング状の基板抑え部材5において、被成膜基板2の表面周辺部が当接される内周部まで反応膜が付着されないようにきちんと冷却する必要がある。このようにリング状の基板抑え部材5は、基板2の表面周辺部と接触する微小突起5a(図3)も含めて連続された熱伝導性の高い材料(アルミもしくはSUS)で形成している。一方、リング状の基板抑え部材5にはその上面に上下動される基板引上げロッド3が固設され、この基板引上げロッド3はシリンダ機構からなる上下機構4a(図示省略)によって上下に駆動させられる。また基板抑え部材5には基板引き上げピン7が図11における紙面の向う側から被成膜基板2が搬送されてきたとき入り込めるように3個取り付けられており、図11に示す状態から図12に示す状態になるように基板抑え部材5を引き上げることにより、被成膜基板2は引き上げピン7の上に乗って基板抑え部材5と共に上方に持ち上げられる。なお、上記は、基板抑え部材5を上下駆動する上下機構4aをリアクタ9の上方に設置した場合について説明したが、リアクタ9の側方あるいは照射射窓8よりも外側のリアクタ9の下方に設置しても良い。また基板引き上げピン7を基板抑え部材5の下面5cに溶接等により固定して図11から図12に示すように被成膜基板2の裏面を外側から引っかけて引き上げるようにしたが、基板引き上げピン7を上記基板抑え部材5とは別に独立に上下動作して基板2の裏面周辺部を外側から引っかけて引き上げるか或いは基板2の裏面周辺部を下から押し上げる構成にしても良い。

【0015】基板支持ピン(支持手段)6は、被成膜基板2の裏面周辺部を押圧支持するためにパネ材から構成されてストッパを兼ねる底部リング部10に取り付けられている。従って、基板抑え部材5が図12に示す状態から図13に示す状態へと下方に降りてきたとき、基板

支持ピン（支持手段）6は被成膜基板2の裏面周辺部を押圧して、リング状の基板抑え部材5に被成膜基板2の表面周辺部を当接して支持することになる。このとき、基板抑え部材5の下端面5cが底部リング部10の上面10aに接触してOリングシール11によってシールされ、被成膜基板2の表面側の空間Euと被成膜基板2の裏面側の空間Eoとは分離される。即ち、リアクタ（反応室）9を形成する底部リング部10における基板抑え部材5との接触面10aには、Oリングシール11が設置されて接触面の気密を保持する。更に被成膜基板2の表面周辺部が当接する基板抑え部材5の下面には、図3及び図4に示すように、微小隙間d（およそ0.1mm～1mm）を形成するための微小突起5aが形成されている。この微小隙間は、被成膜基板2の裏面側の空間Eoに満たされたバージArガス等の不活性ガスを被成膜基板2の表面側の空間Euへ流して被成膜基板2の表面に供給される（吹き付けられる）CVD反応ガスが被成膜基板2の裏面側に廻り込むのを抑えるためである。

【0016】被成膜基板2の表面側の空間Eu（図2）にはガスシャワー1が設けられる。このガスシャワー1は、CVD反応ガス源（図示せず）から通路1cを通して供給されたCVD反応ガス（WFガス等のCVD原料ガスとH₂ガス等の還元ガス、必要に応じてNガス或いはArガス等の希釈ガス）を吹き出し孔1a、1a…より被成膜基板2の表面に向けて吹き付けるものである。上記ガスシャワー1において、吹き出し孔1a、1a…が形成された面の径（大きさ）を、被成膜基板2の表面の全領域に亘って均一な反応膜が形成されるように被成膜基板2の表面の径（大きさ）とほぼ等しくして吹き出し孔1a、1a…が形成された面が被成膜基板2の表面に対向するように設置されている。そしてガスシャワー1にも、被成膜基板2からの熱輻射を受けても反応膜が形成されないように冷媒を通す配管（流路、即ち冷却機構）1bが設けられている。しかし、ガスシャワー1の温度が、被成膜基板2からの熱輻射を受けても成膜下限温度に対して余裕をもって保持されるものであれば、冷却機構（冷媒を通す配管）1bは必ずしも必要でない。このように構成されたガスシャワー1は、上下機構4b（図示省略）によって上下駆動される。またガスシャワー1の吹き出し孔1a、1a…より被成膜基板2の表面に吹き付けられて反応して生成されたHFガス等のガスを含むCVDガスは排気口26から排気される。

【0017】被成膜基板2の裏面側の空間Eoは、被成膜基板2の裏面、基板抑え部材5の下面、照射窓8および底部リング10の内面により囲まれて形成される。そして成膜に関与しないArガス等の不活性ガスが不活性ガス導入パイプ12から上記空間内Eo内に供給されて満たされる。この空間Eoに満たされたバージArガス等の不活性ガスを、図3及び図4に示す如く、基板抑え部材5の下面に形成された微小突起5aによって被成

膜基板2の表面周辺部との間において形成された微小隙間d（およそ0.1mm～1mm）を通して被成膜基板2の表面側の空間Euに流すことによって、被成膜基板2の表面に供給される（吹き付けられる）CVD反応ガスが被成膜基板2の裏面側に廻り込むのを防止することができ、被成膜基板2の裏面も含めて上記空間Eoを形成する壁に膜が形成させるのを防止することができる。

【0018】リアクタ9の外部下方には、図2に示すように被成膜基板2の中央部を含めて全体を加熱する第1の加熱手段である加熱光源21が設置され、この加熱光源21により図1に示す光強度分布25を有する光がリアクタ9下方の照射窓8を通して被成膜基板2に照射されて被成膜基板2が加熱される。上記加熱光源21は、短波長高効率ランプ22とこの短波長高効率ランプ22から発した短波長の光を反射させて照射窓8を通して被成膜基板2に対してほぼ一様な光強度分布で照射する光に変換する反射鏡23とで構成される。なお、加熱光源21から照射され、照射窓8を透過した光の内、底部リング部10に当たった光は底部リング部10で遮光されて被成膜基板2の表面側の空間Euに到達して空間Eu内の部材が加熱されないように構成されている。

【0019】ここで、被成膜基板2に対して加熱光源21からの光を均一に照射するための方法を示す。これまで、述べてきたW熱CVDのような比較的成膜温度が低いメタル形成プロセスに対し、ベース工程で用いられるポリシリコン、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜等の形成プロセスでは600～800℃まで被成膜基板2加熱する必要がある、さらに今後シリコンウエハが大口径化して行くことを考慮すると被成膜基板2全体に亘り均一に照射して、温度を均一化することは重要な技術となる。そこで、5インチのシリコンウエハを全体で6.3kWのランプ22を用い加熱実験を行い8インチのシリコンウエハを全体で22.5kWのランプ22を用いた時に、どこまで温度の均一化が図れるかを検討した。

【0020】まず、本発明の加熱光源22において、図25に示したx（ランプと反射鏡の相対距離）及びy（ウエハとランプ中心との距離）を変化させた時のウエハ面での照度分布を測定し、その測定結果より照度分布の最適化を図った。

【0021】測定結果を図26および図27に示す。加熱光源22から放射される照射度分布形状はx、yを変化させることにより変化した。これらの分布を合成させることにより、照度分布均一性の向上が可能であると考え、照度分布のσが最小となるよう組み合わせた結果を図28に示す。ここで、図27に示すようにyを変化させた時には、ランプ照度の大幅な変化が伴うため、加熱制御には適さないと判断し、xを変化させた時の照度分布の最適化を行った。反射鏡を固定した場合にはσ=8.5%（a）、5.8%（b）、3.8%（c）であり最

適距離でも3.8% (c) であるのに対し、これらを上手く組み合わせることにより1.6% (a + c) となり、照度分布均一性が向上した。即ち、成膜中に反射鏡を上下に揺動させることで温度分布を改善することが可能となる。

【0022】上記は、ウェハサイズ5インチの場合で実験したが、図28で示した合成照度分布を8インチウェハでのTEOSを原料ガスとした酸化膜形成のプロセスに対応させ、本発明のリアクタ構造におけるウェハ温度分布を算出した結果を図29に示す。温度分布は、ウェハをドーナツ状のブロックに分割し、ウェハ中央のブロックを700℃に固定させ、各ブロックにおける熱流入（ランプ放射）及び流出量（ウェハ放射及びガスの熱伝導）を計算することにより求めた。各係数は、Siの熱伝導率：168 [W/mK]、TEOSの熱伝導率：2.80E-4 [W/mK]、Arの熱伝導率：0.03 [W/mK]、Siの放射率 $\epsilon = 0.65$ 、SiO₂の放射率 $\epsilon = 0.6$ とした。ウェハ周辺部からの熱流出が大きいため、ウェハ周辺部の局所加熱がない場合にはウェハ周辺部で約30℃の温度低下が見られるが、本発明のウェハ周辺部の局所加熱により温度分布は約±0.49℃となり、極めてウェハ温度均一性の良い加熱が行えることがわかった。

【0023】更にリアクタ（反応室）9内の被成膜基板2の裏面側の空間Eo内に、被成膜基板2の裏面周辺部に対して図1に示す光強度分布26を有する光を照射して被成膜基板2の裏面周辺部を局部加熱するための袴状の光ガイド13が設置されている。この袴状の光ガイド13の出射端は、被成膜基板2の裏面周辺部に比較的近接している。従って、袴状の光ガイド13から出射された光は、被成膜基板2の裏面周辺部を局部加熱するために無駄なく有効に活用される。一方袴状の光ガイド13の入射端に入射させる光を発生させる光源（点光源に近い高圧キセノンランプ、高圧水銀ランプ、メタルハライドランプ等のHID（High Intensity Discharge）ランプと呼ばれる高圧放電ランプ）（図示せず）は、リアクタ（反応室）9の外に設置されている。そしてこの光源から発生した高強度の光を光源内にある例えば楕円鏡によって集光し、この集光された高強度の光は光ファイバ16および光ロッド14を通して袴状の光ガイド13の入射端に導入される。光ロッド14は、リアクタ9の内部を大気からシールするために底部リング部10に設置されたものである。例えば石英製の袴状の光ガイド13に入射された光の内、図8に示すごとく、袴状の光ガイド13の面内方向の光は石英の厚みの範囲に束縛されて被成膜基板の周辺部に到達するのに対し、袴状の光ガイド13の円周方向の光は、光ファイバ16に入射された集光光が持つ拡がりによって円周方向に拡がって被成膜基板2の裏面周辺部に到達する。従って、被成膜基板2の裏面周辺部は、全周に亘って一様で、しかも第1の加

熱手段である加熱光源21で得られる光強度分布25に比較して約5～10倍程度の光強度分布26をもつ光が照射されて加熱されることになる。これにより、被成膜基板2の周辺部が光強度分布26をもつ光によって加熱されることになるため、被成膜基板2の周辺部から被成膜基板2の表面周辺部と冷却された基板抑え部材5の下面内周部との間に存在するガス（微小隙間を流れる不活性ガスも含む）による熱伝導によって熱流出が生じたとしても、被成膜基板2の周辺部における温度を被成膜基板2の中央部の温度とほぼ等しくすることができる。即ち、被成膜基板2の周辺部から冷却された基板抑え部材5へ流出する熱量とほぼ等しい熱量を、袴状の光ガイド13から照射する光量によって被成膜基板2の周辺部へ供給すればよい。これによって被成膜基板2の全領域に亘っての温度をほぼ一様にすることができ、被成膜基板2の全領域に亘って一様な膜厚の反応膜を形成することができる。

【0024】次に被成膜基板2の支持部分について具体的に説明する。即ち、図3及び図4は、第1のCVDリアクタ装置（光ファイバ加熱併用型）におけるパージガス流路を示し、図3は基板引き上げピン7、基板抑え部材5、および袴状の光ガイド13に対する被成膜基板2の位置関係を示す断面斜視図、図4は基板支持ピン6、基板抑え部材5、および袴状の光ガイド13に対する被成膜基板2の位置関係を示す断面斜視図である。無発塵性を確保するためには、前述したように被成膜基板2の表面以外でのCVD反応を抑制する必要がある。そのために、被成膜基板2の裏面にArガス等の不活性ガスをパージすることによりCVD反応ガスが被成膜基板2の裏面に侵入して、その部分で膜成長が起こることの抑制を図っている。

【0025】ところでW-熱CVDプロセスの場合について説明する。即ち、基板抑え部材5の表面には反応膜が形成されないように、基板抑え部材5は、冷媒通路5bに成膜下限温度（W-熱CVDの場合成膜下限温度は300℃程度になる。）よりも十分低く冷却された例えば水等の冷媒を流すことによって約100℃以下に冷却されている。このため被成膜基板2の周辺部から被成膜基板2の表面周辺部と冷却された基板抑え部材5の下面内周部との間に存在するガス（微小隙間を流れる不活性ガスやCVD反応ガス（特に還元ガス））による熱伝導によって熱流出が生じる。ところで、この熱流出量は、基板抑え部材5の下面に形成された突起5aによって被成膜基板2の表面周辺部との間において形成される微小隙間dにほぼ反比例することになる。一方、この微小隙間dを大きくすると、被成膜基板2の裏面空間EoへCVD反応ガスの拡散量が増加しやすくなるため、この微小隙間を流す不活性ガスの流量を増やすために被成膜基板2の裏面空間Eoへ供給する不活性ガスのパージ流量を増やす必要が出てくる（同じ流量の場合には、微小隙

間dに対してCVD反応ガスの空間E_oへの拡散量(侵入量)は2乗で増加することになる)。しかし不活性ガスの圧力を高めるといっても、統計的にはCVD反応ガスの逆拡散は必至であり、どの程度に抑えるかは、微小隙間dと流量とで決定されることになる。

【0026】発明者が実験したところによると、W-熱CVDの場合、微小隙間dを0.1mm程度にしたとき熱流出量が大きくなり過ぎ、微小隙間dを1mm程度にしたときCVD反応ガスの侵入を抑えるため微小隙間から被成膜基板2の表面空間E_uへ吹き出す不活性ガスの流量が多くなり過ぎて被成膜基板2の表面でのCVD反応ガスの流れが乱されて成膜に悪影響を及ぼすことになる。従って、微小隙間dとして、およそ0.1~1mmが妥当な値である。微小隙間dとしてCVD反応ガスの逆拡散をなくすためには、0.1~0.4mm程度が最も望ましい。微小隙間dに形成される空間自体が断熱材の働きをするが、基板抑え部材5(約100℃程度)と被成膜基板2(約450℃程度)との間に350℃程度の温度勾配を持つため、被成膜基板2と基板抑え部材5との間のガスによる熱伝導によって熱流出が起こり、例えば微小隙間dを0.25mm程度にしたとき、袴状の光ガイド13による被成膜基板2の周辺部への局部加熱がない場合には、被成膜基板2の中央部の温度が450℃程度に加熱されたとしても、被成膜基板2の周辺部の温度は反応下限温度300℃程度から60~80℃しか高温の360~380℃程度に低下してしまうことになる。しかし、袴状の光ガイド13による被成膜基板2の周辺部への局部加熱によって、熱流出が起こったとしても、被成膜基板2の周辺部の温度を被成膜基板2の中央部の温度450℃程度と等しくすることができる。その結果、被成膜基板2の表面において中央部と周辺部とにおいてほぼ等しい膜厚でW反応膜を形成することができる。微小隙間dを0.1mm程度にしたとき、微小隙間dを0.25mm程度にしたときと比べてCVD反応ガスの空間E_oへの拡散量(侵入量)を1/6程度に著しく減少させることができるが、熱流出量は2.5倍程度増加することになり、袴状の光ガイド13による被成膜基板2の周辺部への局部加熱がない場合には、被成膜基板2の周辺部の温度は反応下限温度300℃程度に低下してしまうことになる。しかし、袴状の光ガイド13による被成膜基板2の周辺部への局部加熱によって、熱流出が起こったとしても、被成膜基板2の周辺部の温度を被成膜基板2の中央部の温度450℃程度と等しくすることができ、その結果被成膜基板2の表面において中央部と周辺部とにおいてほぼ等しい膜厚でW反応膜を形成することができる。

【0027】なお、W-熱CVDの場合には、還元ガスとして現存するガスの内で最も比熱の高い水素を用いるため、微小隙間dが0.25mでもかなりの熱伝導が起こっているのに対し、絶縁膜のCVD成膜に用いられる

TEOS(テトラエトキシシラン: Si(C₂H₅O)₄)の場合には、ガスの熱伝導は1桁以上小さいため、微小隙間dを0.1mm程度にしても熱流出は少なく、袴状の光ガイド13による被成膜基板2の周辺部への局部加熱により、被成膜基板2の周辺部の温度を容易に被成膜基板2の中央部の温度と等しくすることができ、その結果被成膜基板2の表面において中央部と周辺部とにおいてほぼ等しい膜厚で反応膜(絶縁膜)を形成することができる。

【0028】以上説明したように、基板抑え部材5の冷媒通路5bに流す冷媒の温度等によって決まる基板抑え部材5の温度と、微小隙間dの寸法等によって決まる被成膜基板2の周辺部から基板抑え部材5への熱流出量と、被成膜基板2に加熱光源21から光透過窓8を通して照射される光強度(光強度分布)25及び袴状の光ガイド13等によって被成膜基板2の周辺部に照射される光強度(光強度分布)26との間に変化が生じると、被成膜基板2の中央部と周辺部との間の温度分布において変動が生じることになる。そこで、被成膜基板2の中央部と周辺部との温度を測定するために、図1及び図2に示す如く、被成膜基板2の裏面中央部からの赤外放射光を集光してリアクタ外の導出する遮蔽カバーで保護された石英製の光ロッド31およびこの光ロッド31に接続されて放射温度計35(図14に示す。)へ伝送するファイバケーブル32と、被成膜基板2の裏面周辺部からの赤外放射光を集光してリアクタ外の導出する遮蔽カバーで保護された石英製の光ロッド33およびこの光ロッド33に接続されて放射温度計35(図14に示す)へ伝送するファイバケーブル34とを設ける。これにより放射温度計35は被成膜基板2の中央部と周辺部との温度を測定することができる。そして図14に示すように、放射温度計35は、測定された被成膜基板2の中央部と周辺部との温度を制御用計算機36に送信する。制御用計算機36は、測定装置とのインターフェース部37と、制御部とのインターフェース部38と、CPU39と、メモリ40と、キーボード等の入力手段41とのインターフェース部(制御回路)42と、ディスク等の外部記憶装置43とのインターフェース部(制御回路)44と、ディスプレイ等の表示装置45とのインターフェース部(制御回路)46と、これらを接続するバス47とによって構成される。そして制御用計算機36におけるCPU39は、メモリ40に記憶されたプログラムに基づいて被成膜基板2の中央部と周辺部との温度が所望の値で、その温度差が許容値内であるか否かの判定を行い、もし外れた場合には、第1の加熱手段(加熱光源)21および第2の加熱手段(高圧放電ランプ、光ファイバ16、光ロッド14および袴状の光ガイド13)における加熱制御量を算出して加熱制御系48を制御する。これによって常に被成膜基板2に加熱光源21から光透過窓8を通して照射される光強度(光強度分

布) 25及び袴状の光ガイド13等によって被成膜基板2の周辺部に照射される光強度(光強度分布)26とが所望の値になり、被成膜基板2の周辺部の温度を被成膜基板2の中央部の温度と所望の温度において等しくすることができる。そして、制御用計算機36において、上記放射温度計35によって測定された被成膜基板2の中央部と周辺部との温度を表示手段45に表示することもでき、更に上記放射温度計35によって測定された被成膜基板2の中央部と周辺部との温度が所望の温度から許容値を外れた場合、表示手段45に異常として表示して警告することができる。その他音声等により警告することができる。そしてこの警告に基づいて、もしその原因が袴状の光ガイド13が汚れたとしたならば、CIFによるガスクリーニング等のクリーニングを行えば良い。

【0029】次に、被成膜基板2の周辺部の局部加熱を行うための第2の加熱手段の第1の実施例である高圧放電ランプ、光ファイバ16、光ロッド14および袴状の光ガイド13等について、図5～図10を用いて具体的に説明する。図5には石英製の袴状の光ガイド13を、図6には光ロッド14を、図7には光ファイバ16を示す。ここで、特に図7において光ファイバ16の入射側のコネクタを16a、出射側のコネクタを16bとした。石英製の袴状の光ガイド13には、被成膜基板2の上下および保持するための基板引き上げピン7および基板支持ピン6と触れないようにするための切欠きが入っており、その部分に相当する被成膜基板2の裏面には光が照射されないが、僅かであるため被成膜基板2自身の熱伝導のために温度分布において殆ど問題にはならない。また光ファイバコネクタ16bの断面には、袴状の光ガイド13および光ロッド14の厚みよりも薄く複数のファイバを並べているが、ファイバからの光を有効に被成膜基板2の加熱に用いるためには、袴状の光ガイド13の厚み>光ロッド14の厚み>光ファイバコネクタ15の光出射断面高さであることが好ましい。

【0030】ここで、被成膜基板2の周辺部に射出される光の放射量分布を均一化するため、光ガイド最適形状の設計を行った手順について以下に説明する。

【0031】図8に示すように袴状の光ガイド13の入射端には光ロッド14を介して複数本のファイバ16を等間隔に並べる。袴状の光ガイド13の出射端の放射量分布を考慮する場合、図8に示すように、隣り合わせとなる2本のファイバ16から照射される光の重ねあわせをできるだけ均一化させれば良い。

【0032】一般的に、レーザ光のような平行光ではないランプからの発光を有効に集光して光ファイバ16に入射するためには、出来るかぎり発光部分の拡がり小さく抑えるため、点光源に近い高圧キセノンランプ、高圧水銀ランプ、メタルハライドランプ等のHID(High Intensity Discharge)ランプと呼ばれる高圧放電ランプを用いるが、これらのランプの配光特性から、光ファ

イバ16より出射される光はドーナツ状に広がる。従って、袴状の光ガイド13を用いた場合、袴状の光ガイド13と空気の屈折率により決定される全反射条件を満たす角で入射した光は、袴状の光ガイド13内で反射を繰り返し、円周状の上面より出射される。本実施例で用いた袴状の光ガイド13の屈折率は1.53であり、袴状の光ガイド13の曲率半径が11mm以上であれば、光ファイバ16からの出射光は袴状の光ガイド13外に漏れることなく必ず上面より出射される。上記袴状の光ガイド13(屈折率:1.53)の上面より被成膜基板2に出射された放射光量を重ね合わせたときの光量分布の一例を図9に示す。図9は、A-B間を等分割し、それぞれの位置に照射される光の放射量を算出し、放射量の最大値を1として表示したものである。算出した放射量分布の σ と光ガイドの長さDとの関係を図10に示す。これらより、放射量分布が最も均一となるDの値が決定される。本実施例の場合、Dが130mmで σ が最小となる。 σ を20%以下に抑える場合、 $D1$ は、 $100\text{mm} < D1 < 180\text{mm}$ 、または $D1 > 260\text{mm}$ であることが必要である。実際には、 $D1$ が長くなると更に隣りの光ファイバ16からの光によって均一化されるため、およそ $D1 > 180\text{mm}$ では図10よりも速やかに σ が小さくなると考えられる。

【0033】次に、搬送室101から基板フォーク110によって搬送される被成膜基板2をリアクタ(反応室)9内で受け取って固定する方法について、図11、図12、図13を用いて説明する。即ち、先ず、図11に示すように、被成膜基板2は、搬送レベル(搬送面)で前処理室から搬送室101を経由して基板フォーク25に寄せられてリアクタ(反応室)9内に水平搬送される。次に、図12に示すように、上下機構4aを駆動してガスシャワー1を上昇させ、上下機構4bを駆動して基板持ち上げロッド3を上昇させて基板抑え部材5の下面に固定された基板引き上げピン7により被成膜基板2の外周端部の一部を支えて搬送レベル(基板フォーク110)より引き上げる。これにより基板フォーク25を反応室9の外部の所定の位置(搬送室101内)に戻すことが出来る。次に、図13に示すように、ガスシャワー1と基板持ち上げロッド3とを下降させると被成膜基板2は底部リング部10に固定された基板支持ピン6によって押圧される。さらに基板持ち上げロッド3を下降させると基板抑え部材5の下面に形成された微小突起5aに被成膜基板2の表面周辺部が当接して被成膜基板2は図1で示したごとく反応室9内に固定設置される。本実施例では、ガスシャワー3をリング状の基板抑え部材5と同期させて上下させたが、被成膜基板2とガスシャワー3との隙間が十分離れている場合には、特に上下させる必要はない。また、基板引き上げピン7は必ずしも基板抑え部材5に固定する必要はなく、夫々独立に上下するようにしても良い。

【0034】本実施例では、被成膜基板2として、Siベアウエハ上に予めスパッタリングによってW膜を50nm成膜したものをを用いた。これは、成膜したW膜と下層のSi膜との接着力を確保し、膜剥がれが起こらないようにするためである。

【0035】図15は具体的なプロセスフローを示すものである。まず工程S1およびS2はロードロック室100で行われる工程を示す。即ち、工程S1において、まず複数枚の被成膜基板（ウエハ）2は、図14に示すロードロック室100に搬入される。工程S2におい

て、被成膜基板（ウエハ）2が搬入されたロードロック室100は排気系112により真空排気される。

【0036】工程S3～S6は前処理室101で行われる工程を示す。即ち、工程S3において、基板フォーク110により被成膜基板（ウエハ）2をロードロック室100からゲートバルブ111aを介して排気系113により真空排気されている搬送室101に引出してゲートバルブ111bを介して前処理室102に搬入する。工程S4において、上記スパッタリングによって成膜したW膜表面の酸化膜を除去するために前処理室102に

被成膜基板（ウエハ）2が搬入された状態でAr（アルゴン）ガスが導入される。工程S5において、被成膜基板2のW膜上を、導入されたAr（アルゴン）ガスのみのプラズマで放電処理することによってW膜表面の酸化膜が除去される。その後工程S6において、プラズマ放電が停止されて前処理室102は排気系114により真空排気される。

【0037】工程S7～S14は、リアクタ（反応室）9において行われる工程を示す。反応室9の冷媒通路9a、基板抑え部材5の冷媒通路5bおよびガスシャワー1における配管1bに冷媒が供給されてリアクタ（反応室）9内は、全て冷却されているものとする。即ち、工程S7において、基板フォーク110により酸化膜が除去された被成膜基板（ウエハ）2を大気に曝すことなく、前処理室101からゲートバルブ111bを介して排気系113により真空排気されている搬送室101に引出してゲートバルブ111cを介して反応室9に搬入し、図11～図13に示すように、被成膜基板（ウエハ）2は基板抑え部材5の下面の突起5aに当接して支持されると共に基板抑え部材5が底部リング部10に接

程S10において、第1の加熱手段である加熱光源21と第2の加熱手段である高圧放電ランプとが点灯されて被成膜基板2の周辺部から冷却されている基板抑え部材5への熱流出が起きていても被成膜基板2の中央部と周辺部とがほぼ均一に加熱される。工程S11において、CVD原料ガスであるWF₆ガスと還元ガスであるH₂ガスがガスシャワー1に供給されて、ガスシャワー1の吹き出し孔1aから被成膜基板2の表面に様に吹き付けられる。工程S12において、熱CVDにより被成膜基板2の表面に中央部と周辺部とにおいて均一な膜厚でもってW膜が成長する。次に工程S13において、図14に示すように、例えば排気系26に設置された四重極質量分析計（QMS）49により反応生成ガスであるHFをモニタして制御用計算機36に送信し、制御用計算機36のCPU39はモニタされた反応生成ガスであるHFの量に応じてW膜の成膜量を算出して終点を判断し、またはガス導入時間を監視して所望の時間が経過したことを判断してCVD反応ガス導入開閉バルブ50を閉じ、第1の加熱手段である加熱光源21と第2の加熱手段である高圧放電ランプとを消灯する。その後工程S14において、排気系26により真空排気する。

【0038】工程S15～S17は、アンロード室100において行われる工程を示す。即ち、工程S15において、反応室9で熱CVDによりW膜（反応膜）を中央部と周辺部とにおいて均一な膜厚でもって成長させた被成膜基板2を基板フォーク110により反応室9からゲートバルブ111cを介して搬送室101に引出してゲートバルブ111aを介してアンロード室100に搬入する。工程S16において、被成膜基板2を冷却する。そして工程S17において、被成膜基板（ウエハ）2はアンロード室100から取り出される。

【0039】以上工程S1～工程S17によって、成膜を行なう前にまずCVDリアクタ（反応室）9に隣接して設けられている前処理室102において上記スパッタリングによって成膜したW膜表面上の酸化膜を除去するための処理が行なわれる。この前処理は、Ar（アルゴン）ガスのみのプラズマで被成膜基板2のW膜上を放電処理することにより達成される。前処理後、被成膜基板2を大気に曝すことなく、リアクタ（反応室）9に搬送する。リアクタ（反応室）9において行う熱CVDによる成膜は、次に示す（化1）式で示す反応式に従って進行する。

【0040】



このため、CVD反応ガスとして、WF₆（6フッ化タングステン）、還元ガスとしてH₂（水素）ガスを用い、必要に応じて希釈ガスとしてN₂（窒素）ガスあるいはArガスを用いる。そしてCVD反応ガスは、ガスシャワー1により被成膜基板2の表面側空間Euに導入される。その導入手順は図14のプロセスフローに従い

以下のように行なわれる。工程S7において被成膜基板2を基板抑え部材5に固定設置後、工程S8においてリアクタ9内を十分真空排気した後、工程S9において不活性ガスであるArガスを被成膜基板2の裏面バージ用（裏面への成膜防止用）に図1の不活性ガス導入パイプ12より流量100sccm導入する。さらに、工程S11においてガスシャワー1からHガスを流量1000sccmを導入する。（場合によってはN等の希釈ガスも導入する。）反応室9内の圧力は排気量を調節することにより、 $5 \times 10 \sim 1 \times 10$ Paに保持する。なお、Arガスは前述したように被成膜基板2の側面と裏面にCVD反応ガスが逆拡散して廻り込んで接触するのを防ぐために用いる。上記のCVD反応ガスの導入とほぼ同時に、工程S10において第1および第2の加熱手段を点灯し、被成膜基板2を450～475℃程度まで中心部と周辺部とを均一に加熱し、CVD原料ガスとしてWF₆ガスを25～50sccm導入し、ガスシャワ1より被成膜基板2に供給する。工程S13において、制御用計算機36のCPU39は、例えば排気系26に設置された四重極質量分析計（QMS）49によってモニタされた反応生成ガスであるHFの量に応じてW膜の成膜量を算出して終点を判断し、または所望の膜厚まで成長するためのガス導入時間を経過したことを判断してこの後CVD反応ガス開閉バルブ50を閉じてWF₆ガスの導入を停止し、これに引き続き他のガスの導入も停止すると共に第1および第2の加熱手段を消灯して被成膜基板への加熱の停止を行い、ほぼ同時に工程S14においてCVDリアクタ9の真空排気を行う。

【0041】上記に示した本発明による熱CVD成膜を行うことにより、被成膜基板2の側面及び裏面またCVDリアクタ9内壁には全く成膜されずに、中心部と周辺部とにおいて膜厚が均一なW膜を被成膜基板2の表面上にのみ成膜させることができる。

【0042】ここで、被成膜基板2の中央部の加熱と袴状光ガイド13を用いた被成膜基板の周辺部の加熱との各々の制御は、制御用計算機36で算出されたランプ光量に基づいて加熱制御系48を制御することによって行う。即ち、制御用計算機36は、例えば放射温度計35で測定された被成膜基板2の中央部と周辺部との温度が等しくなるように第1の加熱手段（加熱光源）21および第2の加熱手段（高圧放電ランプ等）における加熱制御量を算出する。また実際に被成膜基板2の表面に成膜された反応膜の膜厚（中央部の膜厚と周辺部の膜厚）を図14に示すSEM、光学膜厚測定装置51によって測定し、この測定値をネットワークを介してインターフェース部37を通して外部記憶装置43に記憶させ、または上記測定値をディスク等の入力手段41を用いて入力して外部記憶装置43に記憶させておく。また基板抑え部材5の冷媒通路5b等に流す水等の冷媒温度を冷媒供給制御部52で測定してネットワークを介してインター

フェース部37を通して外部記憶装置43に記憶させる。制御用計算機36は、これら外部記憶装置43に記憶された被成膜基板2の表面に成膜された反応膜の膜厚（中央部の膜厚と周辺部の膜厚）データや冷媒供給制御部52で測定された冷媒温度を表示装置45に表示することもできる。そして制御用計算機36は、これら外部記憶装置43に記憶された被成膜基板2の表面に成膜された反応膜の膜厚（中央部の膜厚と周辺部の膜厚）データに基づいて被成膜基板2の中央部における膜厚と周辺部における膜厚とが等しくなるように第1の加熱手段（加熱光源）21および第2の加熱手段（高圧放電ランプ等）における加熱制御量を算出する。この算出された加熱制御量を加熱制御系48にフィードバックすることによって被成膜基板2の中心部と周辺部とにおいて膜厚が均一なW膜を被成膜基板2の表面上にのみ成膜させることができる。

【0043】本実施例では、被成膜基板2の周辺部の加熱には、例えば集光するための楕円鏡と組み合わせた1kWのXeランプを3本用い、1本のランプからの出射光を1本のファイババンドル（光ファイバ）16に集光・入射し、出射端16bを2本に分け、計6本のファイバ出射端16bからの光を6個の光導入ロッド14に入射した。被成膜基板2の中央部の温度を450～470℃になるように被成膜基板2の中央部の加熱用ランプ21を固定し、被成膜基板2の周辺部の加熱に用いた集光ランプの出力を40～100%の間で制御したときの成膜後のW膜厚分布を図16に示した。図16において、161は被成膜基板2の周辺部への加熱がない場合を示したものである。本実施例では約70%の出力において膜厚分布がほぼフラットになったが、本発明のように被成膜基板の周辺部のみを、制御用計算機36から加熱制御系48へのフィードバック制御により適切に加熱制御することで、反応温度以下まで余裕をもって冷却されたリアクタ内壁（ここでは、冷却されたリング状の基板抑え部材5）が被成膜基板の近傍に有り、被成膜基板2の周辺部から熱が流出されたとしても、十分良好な均一な膜厚分布を得ることができる。上記実施例において、特に第2の加熱手段を高圧放電ランプ、光ファイバ16、光ロッド14および袴状の光ガイド13で構成し、加熱制御系48として、楕円鏡を含む高圧放電ランプから出射される光量を制御するように構成した場合について説明したが、絞り等の光量調整用光学系を第2の加熱手段内に設置し、この光量調整用光学系を加熱制御系48で制御しても良いことは明らかである。

【0044】また、図1に示した本発明に係る無発塵CVD装置のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）の変形例を図17に示す。図1ではファイバの出射端16bからの光を袴状の光ガイド13に入射する前に図6に示した光導入ロッド14を経由させていたが、より外径が大きく平坦部のツバの広い袴状光のガイド13'を用

い、直接Oリング71でシールすることも可能である。上記実施例では、被成膜基板2の周辺部への加熱量が1kWのXeランプ3本で賄えたが、もっと大きなサイズの被成膜基板2を加熱する場合や、もっとプロセス温度が高く、より加熱量を多く必要とする場合には、光導入ロッド14の数が増加し、CVDリアクタ9の構造が複雑化するため、図17に示す如く光ファイバ16からの出射光を直接棒状の光ガイド13'に入射する変形タイプの方がより優れている。

【0045】以上の実施例において、熱CVD成膜をリアクタ内のクリーニングを全く行わずに2000枚まで連続成膜したが、成膜終了後のチャンバ内部を目視観察した限りでは、不要に成膜した部分はみられず、なお継続的な連続処理が可能であると考えられる。即ち本実施例によれば、CVDリアクタが従来のように複雑なクリーニングを必要とせず、それに起因するスループットの低下に対して十分な効果が得られることを確認することができた。また本実施例によれば、膜剥がれによる反応膜への異物混入がなく、しかも被成膜基板の全領域において所望の均一な膜厚でW等の反応膜を成膜することができた。

【0046】（実施例2）次に本発明に係る無発塵CVD方法およびその装置の実施例2について説明する。実施例1では、被成膜基板2の中央部をランプ加熱により、被成膜基板2の周辺部を光ファイバによって輸送された光によって加熱する第1のCVDリアクタを用いて成膜する方法について説明したが、被成膜基板2の中央部と周辺部を夫々独立に加熱できれば別の方法を用いることも可能である。ただし、被成膜基板2の周辺部のみを局部的に加熱することが必要である。そこで、本実施例では被成膜基板2の周辺部の加熱を光ファイバ16から輸送された光を用いた方法とは別に、被成膜基板の外形よりもやや内径の小さなリングにヒータを埋め込んだリング状ヒータ19を用いた。このリング状ヒータ19を用いる実施例2の第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）を図18に示す。

【0047】図18に示した実施例2の第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）は、図1に示す実施例1の第1のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）における棒状の光ガイド13および光導入ロッド14の代わりにリング状ヒータ19を用いた以外は殆ど同様の構造であり、図20に示すごとく、リング状ヒータ19に被成膜基板搬送用の切欠き19aを設けることにより図11乃至図13に示した搬送方法と全く同様に被成膜基板2を搬送することができる。

【0048】図19は、実施例2の第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）におけるパージガス流路、基板引き上げピン7、基板抑え部材5、第2の加熱手段であるリング状ヒータ19と被成膜基板2の位置関係を示す断面斜視図である。第2の加熱手段であるリン

グ状ヒータ19は、被成膜基板2の裏面に近接して配置され、図18に26'で示す発熱量分布で被成膜基板2の周辺部を局部加熱するものである。図20にはリング状ヒータ19において、被成膜基板2の裏面に近接して対向する配線パターンが形成された上面を示す。一方リアクタ9の外部下方には、被成膜基板2の中央部を含めて全体を加熱する第1の加熱手段である加熱光源21が設置され、この加熱光源21により図18に25で示す発熱量分布（光強度分布）を有する光がリアクタ9下方の光透過窓8を通して被成膜基板2に照射されて被成膜基板2が加熱される。外見上は図3に示した第1のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）とほぼ同様であるが、第1のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）が被成膜基板2の裏面以外は実質的にCVD反応を生ずる温度まで到達する部分が存在しないのに対し、第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）では、リング状ヒータ19が被成膜基板2以上の高温となる。図19に示したように、CVD反応ガスはA_rガスのパージによりリング状ヒータ19まで到達しないように見える。しかし、統計的には極僅かではあるが、CVD反応ガスが逆拡散して被成膜基板2の裏面側に廻り込む。被成膜基板2はCVD成膜する度に1枚毎新しくなるため、実質的に被成膜基板2の側面及び裏面には不要な成膜はないが、リング状ヒータ19には極僅かではあったとしても半永続的にCVD反応ガスに曝され続けるため不要な膜が蓄積し、その結果剥がれによる発塵が起こる前にクリーニングを行う必要がある。このため、C₁F₃（3フッ化塩素）によるガスクリーニングが有効な手段になりえるが極めて反応性が高いため、CVD膜のみエッチングし他の部品、特に本第2のリアクタ9ではリング状ヒータ19の材質を慎重に選択する必要がある。そこで、リング状ヒータ19は、図20に示すように、発熱体であるタングステン配線を印刷で形成し、クリーニングガスとは直接触れないように全体をアルミ窒化物で覆う構造とした。更に、ガスとの接触が避けられないタングステン配線の取り出し電極にはニッケルを用いた。ただし、材料としては特に上限に限ることなく、クリーニングガスに対する耐性を考慮して、リアクタ内部に導入されたガスと直接触れないように絶縁体であるアルミ窒化物またはアルミ酸化物を構成材料として、ガスとの接触が避けられないタングステン配線の取り出し電極には、ニッケル、クロム、金、コバルト、インジウムあるいはこれらの選ばれた2種以上の金属による合金を用いて構成することが好ましい。

【0049】上記実施例において、被成膜基板2の周辺部の加熱にはフルパワー200Wのリング状ヒータ19を用いた。被成膜基板の中央部の温度を450～470℃になるように被成膜基板2の中央部の加熱用ランプ21を固定し、被成膜基板の周辺部の加熱に用いたリング状ヒータ19の出力を40～100%の間で制御したと

きの成膜後のW膜厚分布を図21に示した。本実施例では約70%の出力において膜厚分布がほぼフラットになったが、実施例1と全く同様に十分良好な均一性の膜厚分布を得ることができることが分かった。

【0050】以上説明したように、実施例2の第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）を用いて、実施例1と同様に、熱CVD成膜をリアクタ内のクリーニングを全く行わずに2000枚まで連続成膜したが、成膜終了後のチャンバ内部を目視観察したところ、窒化アルミの乳白色であるリング状ヒータ19外周部に僅かにW成膜によると思われる灰色に変色した部分が見られた。なお継続的な連続処理が可能であるが、或る程度の期間でクリーニングを行う必要があると考えられる。しかし、本実施例においても従来のように頻繁なクリーニングを必要とせず、それに起因するスループットの低下に対して十分な効果のあることが確認できた。

【0051】即ち、本第2の実施例によっても、実施例1と同様に、膜剥がれによる反応膜への異物混入がなく、しかも被成膜基板の全領域において所望の均一な膜厚でW等の反応膜を成膜することができた。

【0052】なお、本第実施例であるCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）は、或る程度の期間でクリーニングする必要がある代わりに、実施例1であるCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）と比較して構造をよりシンプルにすることができる。

【0053】（実施例3）次に本発明に係る無発塵CVD方法およびその装置の実施例3について説明する。上記実施例2では、被成膜基板2の中央部をランプ加熱により、被成膜基板2の周辺部をリング状ヒータ19によって加熱する第2のCVDリアクタを用いて成膜する方法について説明したが、本実施例ではランプ加熱を用いず、被成膜基板2の中央部と被成膜基板2の周辺部の両方の加熱を夫々のゾーンに分けて独立に加熱量を制御できるヒータ、即ちゾーンヒータ20を用いてCVD成膜を行った。このゾーンヒータ20を用いた本発明の第3のCVDリアクタ（ゾーンヒータ加熱型）を図22に示す。図22に示した本リアクタは、図18の第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）におけるランプ加熱用の光照射窓8を取り除き、ランプ加熱の代わりにリング状ヒータ19の中央部分もヒータで独立して加熱量を制御できるようにした以外は殆ど同様の構造であり、ゾーンヒータ20に被成膜基板搬送用の切欠き20aを設けることにより図11乃至図13に示した搬送方法と全く同様に被成膜基板2を搬送することができる。ゾーンヒータ20は、被成膜基板2の裏面に近接して設置され、図22に示す如く中央部において発熱量の分布65で発熱され、周辺部において発熱量の分布66で発熱されて被成膜基板2を加熱することになる。また加熱された被成膜基板2の中央部と周辺部との温度を測定するために、図1、図2及び図18に示す光ロッド31、

33に代えて、被成膜基板2の裏面中央部からの赤外放射光を直接赤外線透過窓61を通してレンズ62で集光し、この集光された赤外放射光を光ファイバ等により放射温度計35に導き、被成膜基板2の裏面周辺部からの赤外放射光を直接赤外線透過窓63を通してレンズ64で集光し、この集光された赤外放射光を光ファイバ等により放射温度計35に導くことによって、放射温度計35は被成膜基板2の中央部の温度と周辺部の温度とを測定することができる。

【0054】図23は、第3のCVDリアクタ（ゾーンヒータ加熱型）におけるパージガス流路、基板引き上げピン7、基板抑え部材5、ゾーンヒータ20と被成膜基板2との位置関係を示す断面斜視図である。ゾーンヒータ20において、中央部のヒータ20dは被成膜基板2の中央部を図22に示す発熱量の分布65で加熱する第1の加熱手段を構成し、周辺部のヒータ20cは被成膜基板2の周辺部を図22に示す発熱量の分布66で加熱する第2の加熱手段を構成する。外見上は、第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）と同様に、ゾーンヒータ20が被成膜基板2以上の高温となる。図23に示したように、CVD反応ガスはArガスのパージによりゾーンヒータ20まで到達しないように見える。しかし、統計的には極僅かであるが、CVD反応ガスが逆拡散して被成膜基板2の裏面側に廻り込む。被成膜基板2は、CVD成膜する度に1枚毎新しくなるため、実質的に被成膜基板には不要な成膜はないが、ゾーンヒータ20は極僅かではあったとしても半永続的にCVD反応ガスに曝され続けるため不要な膜が蓄積し、その結果剥がれによる発塵が起こる前にクリーニングを行う必要がある。このため、CIF₃（3フッ化塩素）によるガスクリーニングが有効な手段になり得るが、極めて反応性が高いため、CVD膜のみエッチングし、他の部品、特に本実施例のリアクタ9ではゾーンヒータ20の材質を慎重に選択する必要がある。そこで、上記ゾーンヒータ20dは、リング状ヒータ19と同様に、発熱体であるタングステン配線を印刷で形成し、クリーニングガスとは直接触れないように全体をアルミ窒化物で覆う構造とした。さらに、ガスとの接触が避けられないタングステン配線の取り出し電極には、ニッケルを用いた。ただし、材料としては特に上記に限ることなく、クリーニングガスに対する耐性を考慮して、リアクタ内部に導入されたガスと直接触れないように絶縁体であるアルミ窒化物またはアルミ酸化物を構成材料として、ガスとの接触が避けられないタングステン配線の取り出し電極には、ニッケル、クロム、金、コバルト、インジウムあるいはこれらの選ばれた2種以上の金属による合金を用いて構成することが好ましい。

【0055】本実施例では、上記発熱体のタングステン配線は印刷によって形成したが、このときの配線パターンを含め、ゾーンヒータ20の上面図を図24に示し

た。

【0056】以上説明したように、本第3のCVDリアクタ（ゾーンヒータ加熱型）を用いてCVD成膜を行ったが、被成膜基板2の中央部の加熱をヒータ20cを用いた以外は第2の実施例と全く同様である。即ち、この第3の実施例においても、被成膜基板2の周辺部の加熱にはフルパワー200Wのリング状ヒータ20dを用い、被成膜基板2の中央部の温度を450～470℃になるように被成膜基板2の中央部の加熱用ヒータ20cを用いて一定加熱にして、被成膜基板2の周辺部の加熱に用いたリング状ヒータ20dの出力を40～100%の間で制御したときの成膜後のW膜厚分布は、図21に示すのと同様になった。本実施例でも、第1および第2の実施例と全く同様に十分良好な膜厚分布均一性が得られることが分かった。

【0057】なお、本実施例においてもリアクタ内のクリーニングを全く行わずに2000枚まで連続成膜したが、成膜終了後のチャンバ内部を目視観察したところ、窒化アルミの乳白色であるゾーンヒータ20上に僅かにW成膜によると思われる灰色に変色した部分が見られた。なお継続的な連続処理が可能であるが、或る程度の期間でクリーニングを行う必要があると考えられる。

【0058】以上から、本実施例においても従来の頻繁なクリーニングを必要とせず、それに起因するスループットの低下に対して十分な効果が有ることを確認することができた。

【0059】本第3のCVDリアクタ（ゾーンヒータ加熱型）は、或る程度の期間でクリーニングする必要がある代わりに、第1および第2のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型、リング状ヒータ加熱併用型）と比較して構造をよりシンプルにすることができる。

【0060】以上本発明の第1乃至第3の実施例について説明したが、本発明は、上述したWの成膜の場合に限らず、poly-Si、WSi_x等の配線膜のCVD工程に適用できることは勿論、被成膜基板の側面や裏面に成膜を望まないCVD工程に対して、配線膜、絶縁膜、半導体膜の熱CVDに適用することができる。更に、プラズマCVDのような気相中でCVD反応ガスが或る程度分解する場合でも、そのCVD反応が表面反応律速の場合には同様に適用できることは勿論である。しかし、上記の実施例では主に配線工程に用いられる薄膜形成に最適であったのに対し、従来からパッチ方式のCVD装置で形成されてきたベース工程に用いられる薄膜形成については別の実施形態もあり得る。

【0061】以上に示してきた実施例は全てウエハの裏面側から加熱する方法および装置について述べたものであり、ウエハ表面に形成される膜がWのように反射率の高いものを対象とした。これは、ランプ加熱の場合、成膜中に反射率の高い材質が形成されると成膜前に設定されたウエハ温度を保持することが極めて困難になるため

である。一方、形成された膜の反射率がそれほど高くないものであれば、十分にランプからの照射光を吸収してウエハの加熱に寄与できるため、ウエハ表面からのランプ加熱を行うことが可能となる。ウエハ表面からのランプ加熱では、ウエハ裏面側に容易にウエハの上下機構や回転機構を導入することができるようになる。さらに、ウエハ周辺の局所加熱に上記ファイバ加熱を適用する場合も、上述した実施例ではランプ光を遮ることを避けるため、リアクタ側面からファイバ光を導入するのに複雑な構造の袴状の光ガイドを用いなければならなかったが、ウエハ表面側からの加熱ではリアクタ下面からファイバ光を導入できるので後述するように図31に示すような円筒状の光ガイドを用いることができる。

【0062】（実施例4）本発明に係る無発塵CVD方法およびその装置の実施例4について説明する。実施例1から3では、被成膜基板2の裏面側から被成膜基板2の中央部を加熱する第1から第3のCVDリアクタを用いて成膜する方法について説明した。金属配線等の反射率の高い膜を成膜する場合には実施例1から3のように被成膜基板2の裏面側からしか加熱することができないが、ポリシリコン膜、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜等のように成膜しても基板2表面の反射率がそれ程低下しないものであれば、基板2のおもて面からランプ加熱を行うことも可能となる。そこで、以下に述べる第4から第7の実施例では被成膜基板2の中央部の加熱をリアクタ外部に設置した加熱光源21の光を上記リアクタの透過窓8を介して上記被成膜基板へ照射することにより行った。

【0063】まず、円筒状の光ガイド13'を用い被成膜基板2の周辺部を局部加熱すると共に、円筒状の光ガイド13'に被成膜基板2を載せ回転させることで基板の円周方向の均一性を高めた本発明に係る無発塵熱CVD方法および装置の第4の実施例を示す。第4の実施例の第4のCVDリアクタ（表面加熱+基板回転+光ファイバ加熱併用型）を図30に示す。

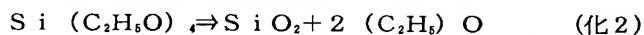
【0064】図30に示した第4の実施例の第4のCVDリアクタ（表面加熱+基板回転+光ファイバ加熱併用型）は、図1に示した第1の実施例の第1のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）における石英透過窓8とランプ光源21をリアクタの上部に置き換え、袴状の光ガイド13の代わりに円筒状の光ガイド13'を用いるようにした。また、ガスシャワー1をリアクタ上部に設置できなくなったため、ガス流れの違いによる膜厚分布の低下を抑えるため、上記円筒状の光ガイド13'に被成膜基板2を載せ、リアクタ外部に設けたモーター29を用いた回転動力を磁気結合によってリアクタ内部の被成膜基板2を回転させた。円筒状の光ガイド13'には、図31に示すごとく、リアクタ内部のベアリング27上の回転リング28に載せるための突起13'bが設けてある。なお、回転動力を磁気結合の他真空シールさ

れた駆動軸を介して基板を回転させても良い。

【0065】図31では、実施例4の第4のCVDリアクタにおいて用いた円筒状の光ガイド13'、光ファイバ16、光ロッド14を示したが、先に図5から図7において説明したのとはほぼ同様に光ファイバ16に集光された光が被成膜基板2の周辺部に照射される。先の図5から図7における被成膜基板2の周辺部の局所加熱を行う第2の加熱手段についての説明とは、椅状の光ガイド13を用いた場合には光ファイバ16からの出射光をリアクタ側面から導入するのに対し、円筒状の光ガイド13'では光ファイバ16からの出射光をリアクタ下面から導入する点が異なっているが、それ以外はほぼ同様である。

【0066】また、実施例4の第4のCVDリアクタでは被成膜基板2を回転させるために冷却された基板抑え治具5を用いることはできない。そこで円筒状の光ガイド13'上面に基板抑え治具5に設けたのと同じ高さの微小突起13a ($d=0.1\sim\text{mm}$) が設けてあり、被成膜基板2と円筒状の光ガイド13'に形成させる微小隙間から反応に関与しないガスを流し出すようにしてある。同時に、リアクタ下部内壁10面は被成膜基板2の外径よりも僅かに大きな内径にくり抜いてあり、被成膜基板2外周部が当接するように支持するため、上記被成膜基板2の裏面側から上記くり抜かれたリアクタ下部内壁面と上記被成膜基板2外周部との間に微小隙間が形成される。この微小隙間を通して成膜に関与しないガスを流し出すようにしてある。このため、被成膜基板2表面側の空間に存在するCVD反応ガスが被成膜基板2裏面側の空間に流れ込むことを抑えている。

【0067】実施例1から3や後で説明する実施例6、7では、被成膜基板2抑え部材5が有るため、被成膜基板2裏面側に導入する反応に関与しないガス（不活性ガス）の流し方にそれ程気を付ける必要はない。しかし、本実施例及び次の実施例5に示されるような被成膜基板2の重力だけで円筒状光ガイド13'からずれることなしに被成膜基板2を載せて置くためには、被成膜基板2表面と裏面の圧力差により被成膜基板2を持ち上げる力が被成膜基板2の重力よりも大きくならないように注意して、不活性ガスを被成膜基板2裏面側に導入しなければならない。例えば、8インチサイズのシリコンウエハでは厚みが0.75mm、シリコンの比重が $2.33\text{g}/\text{cm}^3$ であるため、 $0.175\text{gf}/\text{cm}^2$ 以上の力がウエハ裏面側から加わるとウエハが浮いてしまうことになる。これを差圧に置き換えると $17\text{Pa}(=0.128\text{Torr})$ 以下に抑える必要があ＊



ここでは、第1の実施例のようなプロセスフローは示さないが、原料ガスを H_2 と WF_6 を TEOS に置き換え、被成膜基板2の温度を $450\sim 475^\circ\text{C}$ の設定から $700\sim 750^\circ\text{C}$ にする以外はほぼ第1から第3の実施例で述べた手順と同じにして成膜した。

＊る。従って、ウエハ裏面にガスを導入する際には、勢いを抑え徐々に流量を増やし、さらに流量を増加させたい時には、ウエハ表面側にCVD原料ガスが導入されるのを確認して、決して 17Pa 以上にならないよう注意して導入しなければならない。特に、の様にウエハを回転させる場合には、回転機構の振動により円筒状光ガイドのサセプタからずれる可能性もあるため、実質的には常に差圧を 10Pa 以下に保持することが好ましい。

【0068】次に本実施例の第4のCVDのリアクタにおいて被成膜基板2を搬送室101から基板フォーク110によって搬送し、リアクタ（反応室）9内で受け取って固定する方法について、図32、図33、図34を用いて説明する。第1の実施例で示したようなガスシャワー1と基板抑え部材5がない分搬送機構もシンプルになっている。本第4のCVDリアクタでは第1の実施例においてガスシャワー1に取り付けられていた基板引き上げロッド3の代わりに、基板上下機構4cから上方に突き出した基板押し上げピンによって基板2を上下する。先ず、図32示すように、被成膜基板2は、搬送レベル（搬送面）で基板フォーク110に乗せられてリアクタ（反応室）9内に水平搬送される。次に、図33に示すように、上下機構4cを駆動して基板押し上げ上げピンにより搬送レベル（基板フォーク110）より押し上げる。これにより基板フォーク110を反応室9の外部の所定の位置（搬送室101内）に戻すことが出来る。次に、図34に示すように、上下機構4cにより基板押し上げピンを下降させると被成膜基板2は円筒状光ガイド13'上に微小突起13'aによる微小隙間を残して被成膜基板2の表面側空間 E_u と被成膜基板の裏面側空間 E_o とに分離した状態で載置される。

【0069】本実施例および以下の実施例では先の第1から第3の実施例とは異なり、メタル配線膜のように成膜した時に表面反射率が高くなる膜は成膜できず、ベース工程で用いられるポリシリコン膜、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜の様に成膜しても表面からの加熱が十分行える膜を対象としていることは先に述べたが、ここではその中でも最もクリーニングが困難で、余分な成膜を抑制することが最も効果的と考えられている酸化膜の成膜を行った場合について説明する。

【0070】以下、 $\text{TEOS}(\text{Si}(\text{C}_2\text{H}_5\text{O})_4)$ を原料ガスとしてその熱分解により SiO_2 を形成するプロセスについて説明する。 SiO_2 の成膜反応は以下の反応式（化2）によって進行する。

【0071】

【0072】上記に示した本発明による熱CVD成膜を行うことにより、被成膜基板2の側面及び裏面またCVDリアクタ9内壁には全く成膜されずに、中心部と周辺部とにおいて膜厚が均一な酸化膜を被成膜基板2のみに成膜させることができる。

【0073】本実施例で用いた第1の加熱手段（加熱光源）21および第2の加熱手段の加熱量の制御方法も第1の実施例で示したものと同様に行えば良い。

【0074】以上説明した第4の実施例において、熱CVD成膜をリアクタ内のクリーニングを全く行わずに2000枚まで連続成膜したが、成膜終了後のチャンバ内部を目視観察した限りでは、リアクタ下部底面10の基板2周辺部に僅かなSiO₂の粉末が見られたがそれ以外に不要に成膜した部分は見られず、なお継続的な連続処理が可能であると考えられる。また、成膜した酸化膜の膜厚分布を調べると±1.2%と±2%以内におさめることができた。即ち、本第4の実施例によれば、CVDリアクタが従来のように複雑なクリーニングを必要とせず、それに起因するスループットの低下に対して十分な効果が得られることを確認することができた。さらに、本第4の実施例によれば、膜剥がれによる反応膜への異物混入がなく、しかも被成膜基板の全領域において所望の均一な膜厚で酸化膜等の反応膜を成膜することができた。

【0075】（実施例5）次に、本発明に係る無発塵熱CVD方法およびその装置の実施例5について説明する。本実施例を示すCVDリアクタ（表面加熱+基板固定+光ファイバ加熱併用型）の要部断面図を図35に示した。ここでは、実施例4における基板2の回転を行う代わりに、基板周辺部の局所加熱における照度分布の均一化を図るために円筒状光ロッド13”の形状を最適化すると共にガスの流れを成膜中に反転させるようにした。図36に円筒状光ガイド13”において入射された集光光が円周方向に拡がって伝搬される状態を示したが、形状が棒状から円筒状に変化した分、若干D1の最適値の変化が予想される以外、最適化の手法は図8から10で示したものと全く同様である。図37に円筒状光ガイド13”において出射端A-B間における放射量分布を示し、図38には円筒状光ガイド13”においてD1の値を変化させた時に分布偏差が変化し、最小値が存在することを示したが、その最適値も図11に示した結果とほぼ同じである。ここで得られたD1により基板周辺部の局所加熱における照度分布の偏差を5%程度に抑えることができる。この5%の照度分布偏差は、均一化の観点から見れば完全ではないが、シリコンウエハ自身の熱伝導により温度が緩和することを考慮すれば、十分な値である。またこれ以上の均一化が必要とされる場合には、入射する光ファイバ16の数を増やす等して改善できる。

【0076】次に、膜厚均一性のために行ったもう一つの方法であるガス流れの反転について説明する。図39はCVDリアクタを中心としてガス流れを反転するガス導入経路および排気経路の概略構成を示す図である。図面正面から見て左から右の方向（黒色の矢印方向）に流す場合には、CVD反応ガス導入開閉バルブ50aを

開、50bを閉、にすると共に真空排気開閉バルブ52aを開、52bを閉にする。また図面正面から見て右から左の方向（灰色の矢印方向）に流す場合には、CVD反応ガス導入開閉バルブ50aを閉、50bを開、にすると共に真空排気開閉バルブ52aを閉、52bを開にすれば良い。これらのガスを流す時間を均等にすることにより膜厚分布の流れ方向に伴う分布劣化の影響を低減した。

【0077】上記2点以外は全く実施例4と同様にしてTEOSを原料ガスとした酸化膜の成膜を行った。

【0078】以上説明したように、実施例5を示すCVDリアクタ（表面加熱+基板固定+光ファイバ加熱併用型）を用いて、実施例4と同様に、熱CVD成膜をリアクタ内のクリーニングを全く行わずに2000枚まで連続成膜し、成膜終了後のチャンバ内部を目視観察したところ、リアクタ下部10の基板2周辺部に僅かにSiO₂の粉末が見られただけでそれ以外は全く変化が見られなかった。なお継続的な連続処理が可能であるが、或る程度の期間でクリーニングを行う必要があると考えられる。しかし、本実施例においても従来のように頻繁なクリーニングを必要とせず、それに起因するスループットの低下に対して十分な効果のあることが確認できた。

【0079】即ち、本実施例によっても、実施例4と同様に、膜剥がれによる反応膜への異物混入がなく、しかも被成膜基板の全領域において所望の均一な膜厚でSiO₂等の反応膜を成膜することができた。

【0080】なお、本実施例であるCVDリアクタ（表面加熱+基板固定+光ファイバ加熱併用型）は、実施例4よりも膜厚分布の均一化が僅かに低下する代わりに、実施例4であるCVDリアクタ（表面加熱+基板回転+光ファイバ加熱併用型）と比較して回転機構がない分構造をよりシンプルにすることができる。

【0081】（実施例6）次に、本発明に係る無発塵熱CVD方法およびその装置の実施例6について説明する。実施例6を示すCVDリアクタ（表面加熱+基板抑え+光ファイバ加熱併用型）の要部断面図を図40に示した。ここでは、実施例5におけるCVDリアクタ（表面加熱+基板固定+光ファイバ加熱併用型）に基板抑え治具5を付け加えた以外は全く実施例5と同様である。ただし、基板2表面側空間Eoと基板2裏面側空間Euが繋がる唯一の微小隙間が、実施例4及び5では、円筒状光ガイド13’、13”上の微小突起13’a、13”aによる微小隙間とリアクタ下部10底面と基板2外周部との間に形成される微小隙間であったものが、基板抑え治具5の微小突起による微小隙間になる。さらに、実施例4及び5では基板2を抑えるものは基板2自身の重力であったものが、本実施例では基板支持ピン6となる。このため、円筒状光ガイド13”’の形状に若干の変化が伴う。図41は、上記第5の実施例を示すCVDリアクタに用いられる円筒状の光ガイド13”を示

す斜視図であり、図42は、上記第6の実施例を示すCVDリアクタに用いられる円筒状の光ガイド13”’を示す斜視図であるが、上記第5の実施例では微小突起13”aが必要なのにに対し、本第6の実施例では微小突起は不要である。一方、上記第5の実施例では直接円筒状の光ガイド13”’の上に基板2を載せるのに対し、本第6の実施例では基板支持ピン6で基板2を支持するため、基板支持ピン6と円筒状の光ガイド13”’が干渉しないための切り欠き溝13”’cが必要となる。

【0082】上記2点以外は全く実施例4及び5と同様にしてTEOSを原料ガスとした酸化膜の成膜を行った。

【0083】以上説明したように、実施例6である第6のCVDリアクタ（表面加熱+基板抑え+光ファイバ加熱併用型）を用いて、実施例4と同様に、熱CVD成膜をリアクタ内のクリーニングを全く行わずに2000枚まで連続成膜し、成膜終了後のチャンバ内部を目視観察したところ、基板抑え部材5の基板2周辺部に僅かにSiO₂の粉末が見られただけでそれ以外は全く変化が見られなかった。なお継続的な連続処理が可能であるが、或る程度の期間でクリーニングを行う必要があると考えられる。しかし、本実施例においても従来のように頻繁なクリーニングを必要とせず、それに起因するスループットの低下に対して十分な効果のあることが確認できた。

【0084】即ち、本実施例によっても、実施例4と同様に、膜剥がれによる反応膜への異物混入がなく、しかも被成膜基板の全領域において所望の均一な膜厚でSiO₂等の反応膜を成膜することができた。

【0085】なお、本実施例であるCVDリアクタ（表面加熱+基板抑え+光ファイバ加熱併用型）は、実施例4よりも膜圧分布の均一化が僅かに低下する代わりに、実施例4であるCVDリアクタ（表面加熱+基板回転+光ファイバ加熱併用型）と比較して回転機構がない分構造をよりシンプルにすることができる。一方、実施例5であるCVDリアクタ（表面加熱+基板固定+光ファイバ加熱併用型）よりも基板抑え部材5がある分構造が複雑になるが、第4と第5の実施例のように基板2裏面空間への不活性ガスの導入の際に、基板2が浮き上がる心配がないため、微妙なガス導入制御を必要としないという長所がある。

【0086】（実施例7）次に、本発明に係る無発塵熱CVD方法およびその装置の実施例7について説明する。実施例7を示すCVDリアクタ（表面加熱+リング状ヒータ加熱併用型）の要部断面図を図43に示した。ここでは、第4から第6の実施例における第2の加熱手段である基板2周辺部の局所加熱を光ファイバー16と円筒状光ガイド13による方法からリング状ヒータ19を用いた方法に替えた。この方法を用いた場合には、リング状ヒータ19の温度が基板2の温度以上となるた

め、これをCVD原料ガスと接触しないようにするための基板抑え部材が必須となる。しかし、基板2搬送上記に示した実施例とは殆ど変わるところはなく、リング状ヒータ19の加熱制御も第2の実施例の図21において説明した方法とほぼ同様である。リング状ヒータ19は図20で説明した切り欠き19aが不要以外材料、構成とも全く同様である。

【0087】基板2搬送は第6の実施例では説明しなかったが本実施例とほぼ同様であり以下図44、図45、図46を用いて説明する。

【0088】先ず、図44に示すように、被成膜基板2は、搬送レベル（搬送面）で基板フォーク110に乗せられてリアクタ（反応室）9内に水平搬送される。次に、図45に示すように、上下機構4cを駆動して基板押し上げピンを上昇させて搬送レベル（基板フォーク110）より引き上げる。これにより基板フォーク110を反応室9の外部の所定の位置（搬送室101内）に戻すことが出来る。次に、図46に示すように、上下機構4cを駆動して基板押し上げピンを下降させると被成膜基板2は底部リング部10に固定された基板支持ピン6によって押圧される。さらに上下機構4cを駆動して基板抑え部材5を下降させると基板抑え部材5の下面に形成された微小突起5aに被成膜基板2の表面周辺部が当接して被成膜基板2が固定設置される。

【0089】本実施例においても上記第4から第6の実施例と同様にしてTEOSを原料ガスとした酸化膜の成膜を行った。

【0090】以上説明したように、本実施例である第7のCVDリアクタ（表面加熱+リング状ヒータ加熱併用型）を用いて、実施例4と同様に、熱CVD成膜をリアクタ内のクリーニングを全く行わずに2000枚まで連続成膜したが、成膜終了後のチャンバ内部を目視観察したが、リアクタ下部10の基板2周辺部に僅かにSiO₂の粉末が見られたが、第2の実施例のようなリング状ヒータ19外周部上には何の変化も見られなかった。これは、第2の実施例ではW成膜であったのに対し、本第7の実施例がSiO₂成膜であったために、乳白色のリング状ヒータ19では僅かなSiO₂形成では検知できないためとも考えられる。なお継続的な連続処理が可能であるが、或る程度の期間でクリーニングを行う必要があると考えられる。しかし、本第7の実施例においても従来のように頻繁なクリーニングを必要とせず、それに起因するスループットの低下に対して十分な効果のあることが確認できた。

【0091】即ち、本第7の実施例によっても、第1の実施例と同様に、膜剥がれによる反応膜への異物混入がなく、しかも被成膜基板の全領域において所望の均一な膜厚でSiO₂等の反応膜を成膜することができた。

【0092】なお、本実施例であるCVDリアクタ（表面加熱+リング状ヒータ加熱併用型）は、実施例4から

6よりもクリーニングする期間がある程度短くなる代わりに、実施例4であるCVDリアクタ（表面加熱+基板回転+光ファイバ加熱併用型）と比較して構造をよりシンプルにすることができる。

【0093】（実施例8）次に、以上説明した実施例の内第1乃至第3の実施例を、LSIの高集積化・微細化に伴い、配線膜形成工程では上下配線を接続するための配線層間絶縁膜に設けられた微細なコンタクトホール或いはスルーホールと呼ばれる導通孔を高い信頼性を確保して導通を得るための金属等の導電性膜による埋め込み技術に適用した場合について説明する。即ち、図47に示すように、下層配線252を上層配線253とを接続するスルーホール251の径に対する層間絶縁膜254の膜厚の比率（アスペクト比）は微細化と共に年々増大している。このようなスルーホールと呼ばれる導通孔251に高い信頼性を確保して導通を得るための金属等の導電性膜による埋め込む技術として上記第1乃至第3の実施例を適用することができる。図48に示すように、工程261において、下層配線252との接着力を確保するために、スルーホール251内を含む層間絶縁膜254上へWまたはTiN等の金属または金属化合物の導電性薄膜253aをスパッタリングまたはCVDによって成膜する。次に、導電性薄膜253aが成膜された半導体基板250（2）が大気に曝されたときには、工程262において、図14および図15に示すように、半導体基板250（2）をロード室100にロードして前処理室101において表面に形成された酸化膜を除去する。次に、工程263において、図14および図15に示すように、反応室9により導電性薄膜253aが成膜された半導体基板（ウエハ）250（2）上に膜剥がれによる異物の混入のない、均一の膜厚を有するW膜253bを成膜してアスペクト比が大きいスルーホール内251内に埋め込むことができる。次に工程264において、アンロード室100から取り出された半導体基板（ウエハ）250（2）に対して露光現像をしてエッチングを施すことにより上層配線を形成する。その後、また層間絶縁膜を施して更に上層配線を形成して、最後に保護膜を形成して半導体基板（ウエハ）2を製造することができる。

【0094】

【発明の効果】本発明によれば、基板の裏面やCVDリアクタ内の不要な部分に形成された膜剥がれに起因する異物混入による不良をなくすと共にチャンバクリーニングを著しく低減してスルーットおよび装置稼働率を飛躍的に向上させ、しかも良好な膜厚均一性を確保した良質の反応膜を被成膜基板の表面領域に亘って熱CVD成膜をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る無発塵熱CVD装置の第1の実施例を示すCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）の要

部断面図である。

【図2】本発明に係る無発塵熱CVD装置の第1の実施例を示すCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）において加熱光源を具体的に示した要部断面図である。

【図3】図1および図2に示す第1の実施例における第1のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）においてパージガス流路を示す断面斜視図である。

【図4】図1および図2に示す第1の実施例における第1のCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）においてパージガス流路を示す断面斜視図である。

【図5】袴状の光ガイド13を示す斜視図である。

【図6】光ロッド14を示す斜視図である。

【図7】光ファイバケーブル16を示す斜視図である。

【図8】袴状の光ガイド13において入射された集光光が円周方向に拡がって伝搬される状態を示す図である。

【図9】袴状の光ガイド13において出射端A-B間における放射量分布を示す図である。

【図10】袴状の光ガイド13においてD1の最適化を説明するための図である。

【図11】基板フォークにより被成膜基板（ウエハ）を反応室内の基板抑え部材の下面近傍に水平搬送した状態を示す正面断面図である。

【図12】図11に示す状態の後、ガスシャワーと基板抑え部材とを上昇させて被成膜基板（ウエハ）を基板引き上げピンに載せた状態を示す正面断面図である。

【図13】図12に示す状態の後、ガスシャワーと基板抑え部材とを下降させて被成膜基板（ウエハ）を基板支持ピンにより基板抑え部材に当接して支持し、基板抑え部材を底部リング部に接触して被成膜基板の表面側空間Euと被成膜基板の裏面側空間Eoとに分離する状態を示した正面断面図である。

【図14】本発明に係る無発塵熱CVD装置の全体の概略構成を示す図である。

【図15】本発明に係る無発塵熱CVD装置の全体の処理工程を示す工程図である。

【図16】図1および図2に示す第1の実施例における袴状の光ガイドによるファイバ光ランプ出力に応じた被成膜基板上における反応膜の膜厚分布を示す図である。

【図17】本発明に係る無発塵熱CVD装置の第1の実施例を示すCVDリアクタ（光ファイバ加熱併用型）の変形例を示す要部断面図である。

【図18】本発明に係る無発塵熱CVD装置の第2の実施例を示すCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）を示す要部断面図である。

【図19】図18に示す第2の実施例における第2のCVDリアクタ（リング状ヒータ加熱併用型）においてパージガス流路を示す断面斜視図である。

【図20】リング状ヒータを示す平面図である。

【図21】図18に示す第2の実施例におけるリング状

ヒータによるヒータステージ外周ヒータ出力に応じた被成膜基板上における反応膜の膜厚分布を示す図である。

【図 2 2】本発明に係る無発塵熱 CVD 装置の第 3 の実施例を示す CVD リアクタ（ゾーンヒータ加熱型）を示す要部断面図である。

【図 2 3】図 2 2 に示す第 3 の実施例における第 2 の CVD リアクタ（ゾーンヒータ加熱型）においてパージガス流路を示す断面斜視図である。

【図 2 4】ゾーンヒータを示す平面図である。

【図 2 5】加熱光源から半導体基板（ウエハ）への均一に照射するための検討を行った際の、加熱光源とウエハの位置関係を示す図である。

【図 2 6】図 2 5 において、y（ランプとウエハの距離）を固定し、x（ランプと反射鏡の距離）を変化させた時のウエハ上の照度分布結果を示す図である。

【図 2 7】図 2 5 において、x（ランプと反射鏡の距離）を固定し、y（ランプとウエハの距離）を変化させた時のウエハ上の照度分布結果を示す図である。

【図 2 8】図 2 6 の照度分布結果において、分布の偏差を最小化するために x（ランプと反射鏡の距離）の異なる分布を合成した結果を示す図である。

【図 2 9】図 2 8 の照度分布結果を 5 インチから 8 インチに相似変化させ、周辺加熱を行った時と行わなかった時のウエハ温度分布を計算した結果を示す図である。

【図 3 0】本発明に係る無発塵熱 CVD 装置の第 4 の実施例を示す CVD リアクタ（表面加熱＋基板回転＋光ファイバ加熱併用型）の要部断面図である。

【図 3 1】上記第 4 の実施例を示す CVD リアクタに用いられる円筒状の光ガイド、光ロッドおよび光ファイバケーブルを示す斜視図である。

【図 3 2】基板フォークにより被成膜基板（ウエハ）を反応室内の円筒状の光ガイドの上面近傍に水平搬送した状態を示す側面断面図である。

【図 3 3】図 3 2 に示す状態の後、基板上下機構の基板押し上げピンを上昇させて被成膜基板（ウエハ）を基板押し上げピンに載せた状態を示す側面断面図である。

【図 3 4】図 3 3 に示す状態の後、基板上下機構の基板押し上げピンを下降させて被成膜基板（ウエハ）を円筒状光ガイドの上面およびリアクタ下部内壁面に当接して支持し、被成膜基板の表面側空間 E_u と被成膜基板の裏面側空間 E_o とに分離する状態を示した側面断面図である。

【図 3 5】本発明に係る無発塵熱 CVD 装置の第 5 の実施例を示す CVD リアクタ（表面加熱＋基板固定＋光ファイバ加熱併用型）の要部断面図である。

【図 3 6】円筒状光ガイド 1 3” において入射された集光光が円周方向に拡がって伝搬される状態を示す図である。

【図 3 7】円筒状光ガイド 1 3” において出射端 A-B 間における放射量分布を示す図である。

【図 3 8】円筒状光ガイド 1 3” において D 1 の最適化を説明するための図である。

【図 3 9】膜厚均一性を高めるために、CVD リアクタを中心としてガス流れを反転するガス導入経路および排気経路の概略構成を示す図である。

【図 4 0】本発明に係る無発塵熱 CVD 装置の第 6 の実施例を示す CVD リアクタ（表面加熱＋基板抑え＋光ファイバ加熱併用型）の要部断面図である。

【図 4 1】上記第 5 の実施例を示す CVD リアクタに用いられる円筒状の光ガイド 1 3” を示す斜視図である。

【図 4 2】上記第 6 の実施例を示す CVD リアクタに用いられる円筒状の光ガイド 1 3” を示す斜視図である。

【図 4 3】本発明に係る無発塵熱 CVD 装置の第 6 の実施例を示す CVD リアクタ（表面加熱＋リング状ヒータ加熱併用型）を示す要部断面図である。

【図 4 4】基板フォークにより被成膜基板（ウエハ）を反応室内の基板抑え部材の下面近傍に水平搬送した状態を示す側面断面図である。

【図 4 5】図 4 4 に示す状態の後、基板抑え部材と基板上下機構の基板押し上げピンを上昇させて被成膜基板（ウエハ）を基板押し上げピンに載せた状態を示す側面断面図である。

【図 4 6】図 4 5 に示す状態の後、基板上下機構の基板押し上げピンと基板抑え部材とを下降させて被成膜基板（ウエハ）を基板支持ピンにより基板抑え部材に当接して支持し、基板抑え部材を底部リング部に接触して被成膜基板の表面側空間 E_u と被成膜基板の裏面側空間 E_o とに分離する状態を示した正面断面図である。

【図 4 7】スルーホール径に対する層間絶縁膜の膜厚（アスペクト比）を増大させた半導体基板（ウエハ）の断面図である。

【図 4 8】図 4 7 に示す半導体基板を製造する工程を概略示した図である。

【符号の説明】

1…ガスシャワー、 1 a…吹き出し宏、 1 b…配管（冷却機構）

2…被成膜基板（ウエハ）、 3…基板引き上げロッド
4 a、4 b、4 c、4 d…上下機構、 5…基板抑え部材、 5 a…微小突起

5 b…冷媒通路、 6…基板支持ピン（支持手段）
7…基板引き上げピン、 8…光透過窓、 9…リアクタ（反応室）

9 a、9 b…冷媒通路、 1 0…底部リング部、 1 1…Oリングシール

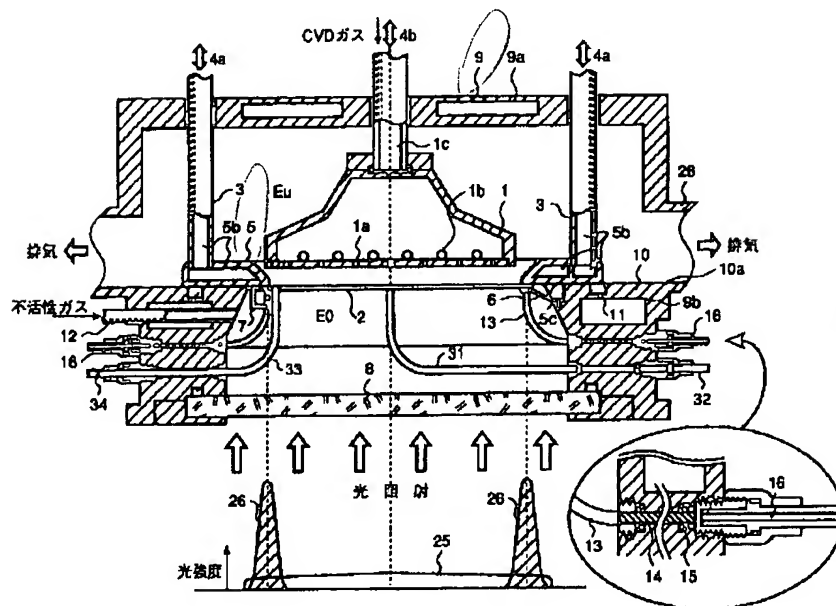
1 2…不活性ガス導入パイプ、 1 3…袴状の光ガイド（第 2 の加熱手段）

1 4…光ロッド、 1 6…光ファイバ（ケーブル）
1 9…リング状ヒータ（第 2 の加熱手段）、 2 0…ゾーンヒータ

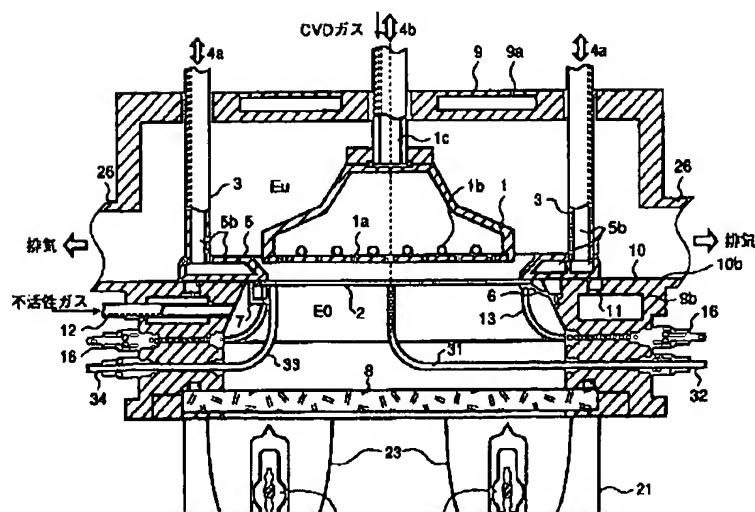
35

21…加熱光源（第1の加熱手段）、26…排気系、
 27…ベアリング、28a、28b…回転リング、
 29…モーター
 31、33…光ロッド、32、34…光ファイバケー
 ブル
 35…放射温度計、36…制御用計算機、39…C
 PU43…外部記憶装置、45…表示装置、48…
 加熱制御系
 50a、50b…CVD反応ガス導入開閉バルブ、51
 …SEM、光学膜厚測定装置、52a、52b…真空*10

【図1】



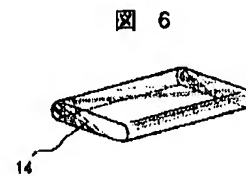
【図2】



36

* 排気開閉バルブ
 100…ロード/アンロード室（ロードロック室）、
 101…搬送室
 102…前処理室、110…基板フォーク、112
 …113…排気系
 251…スルーホール、252…下層配線、253
 …上層配線
 253a…導電性薄膜、253b…W反応膜、25
 4…層間絶縁膜。

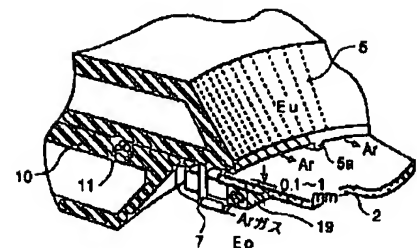
【図6】



【図19】

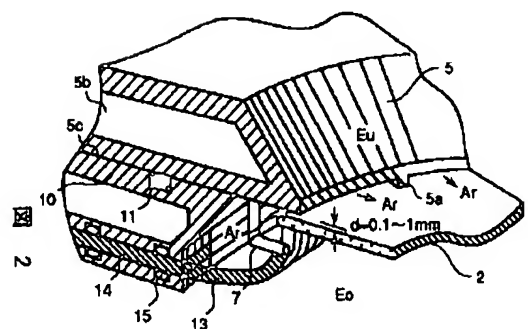
図
1

図 19



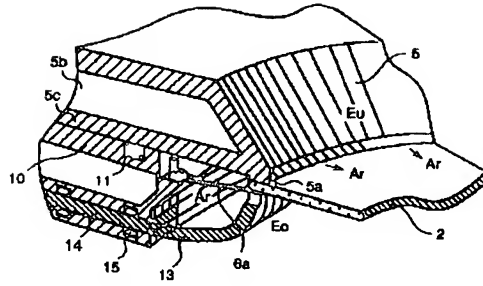
【図3】

図 3



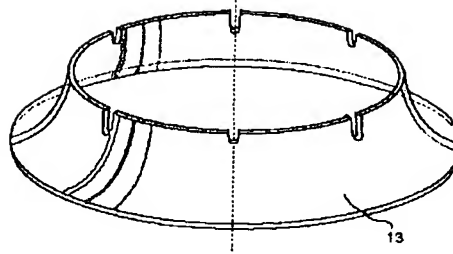
【図4】

図 4



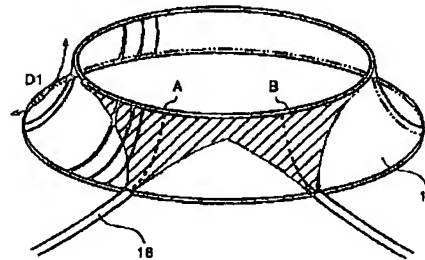
【図5】

図 5



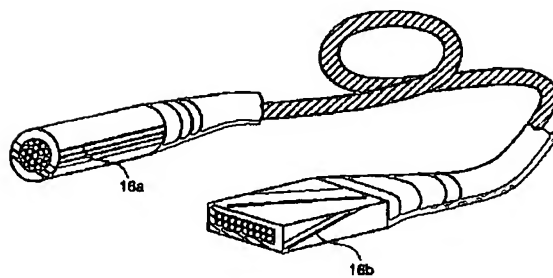
【図8】

図 8



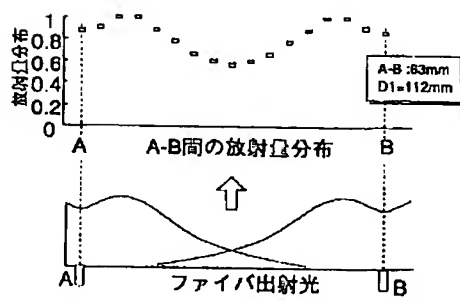
【図7】

図 7



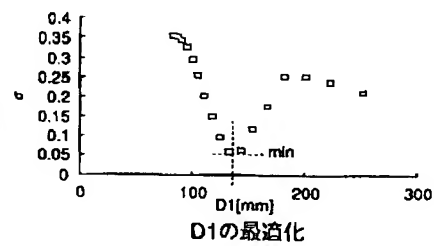
【図9】

図 9



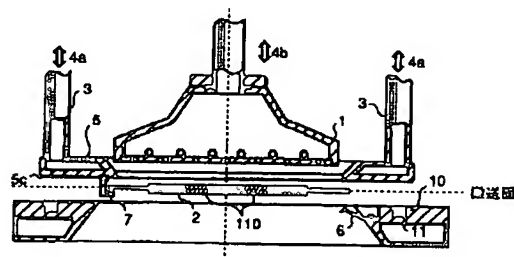
【図10】

図 10



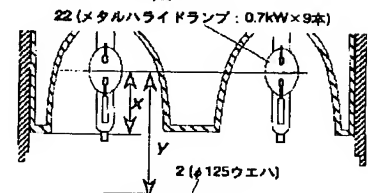
【図11】

図 11

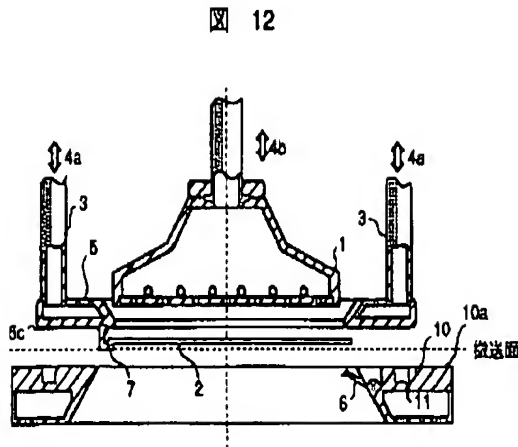


【図25】

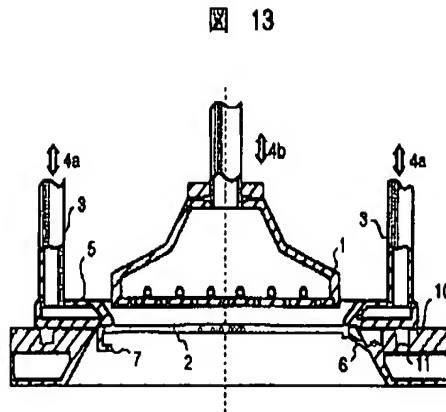
図 25



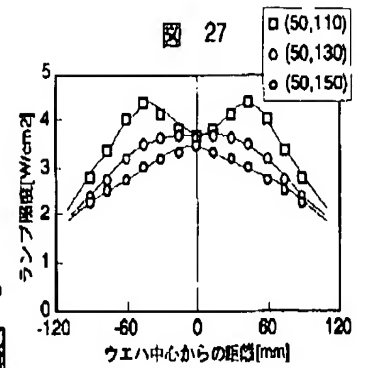
【図12】



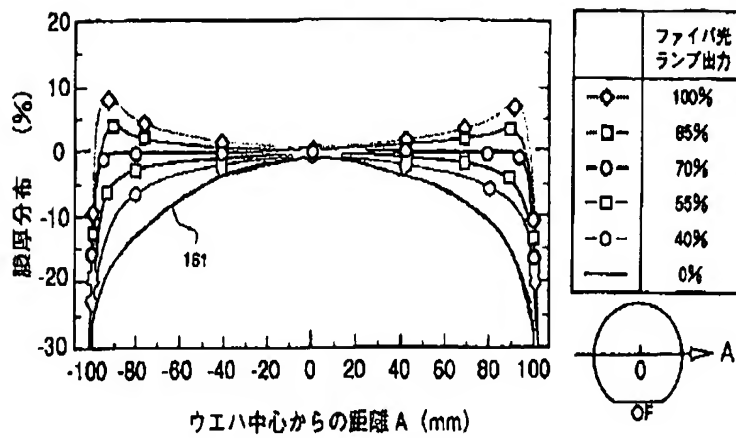
【図13】



【図27】

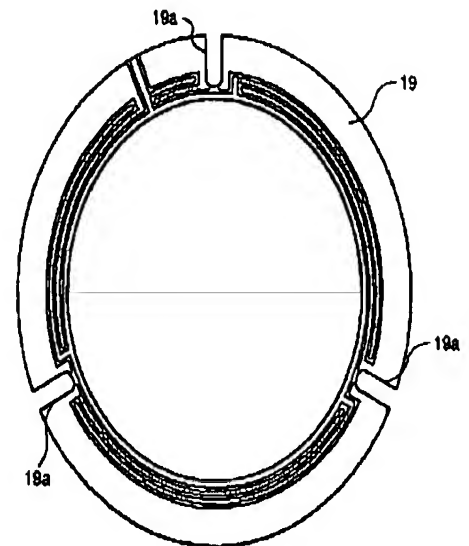


【図16】

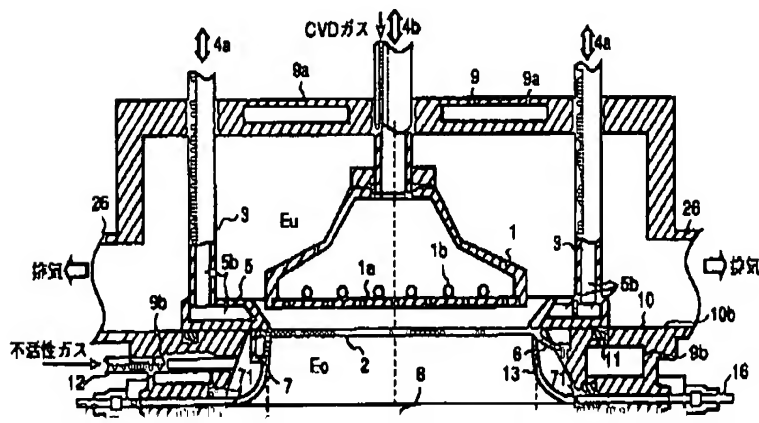


【図20】

図 20

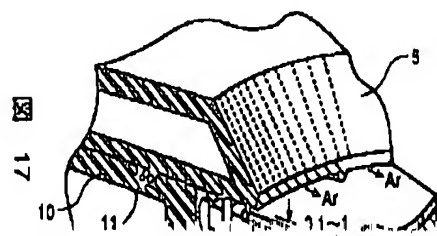


【図17】



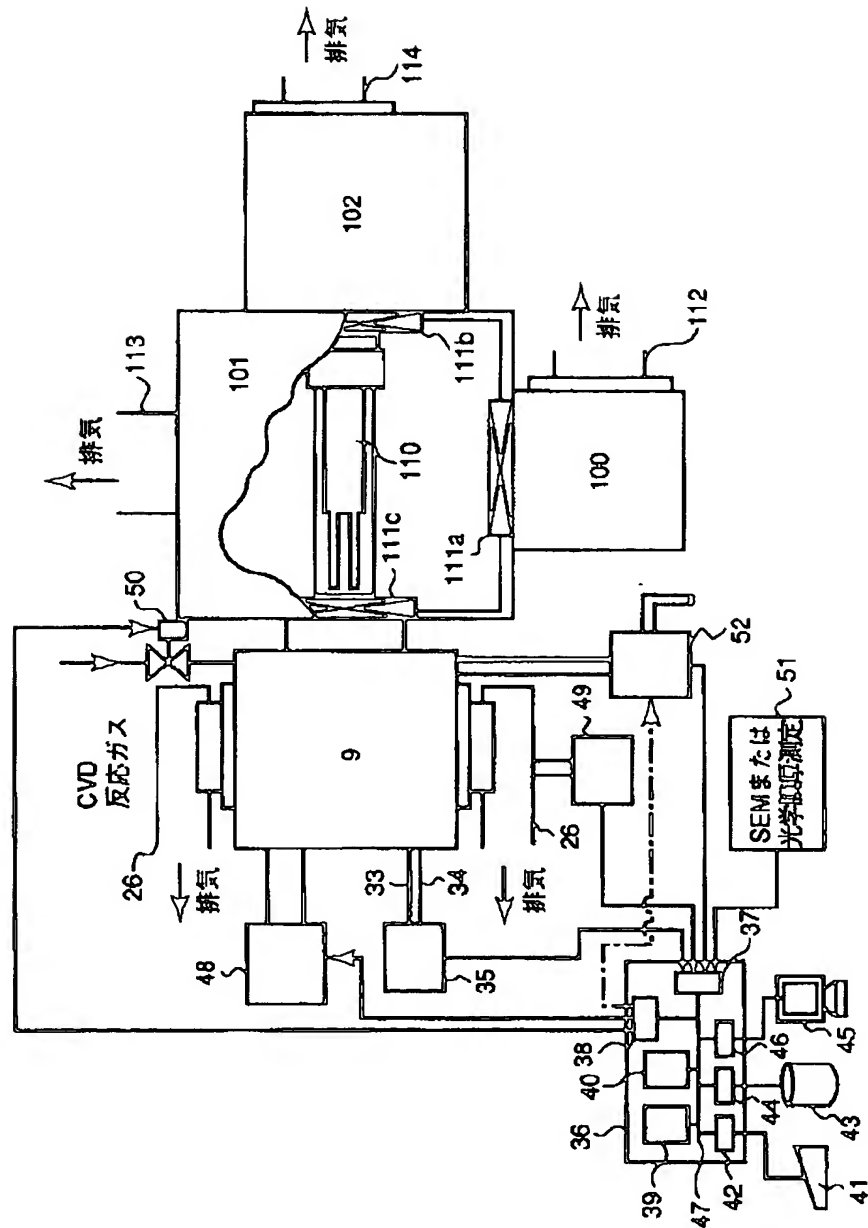
【図23】

図 23



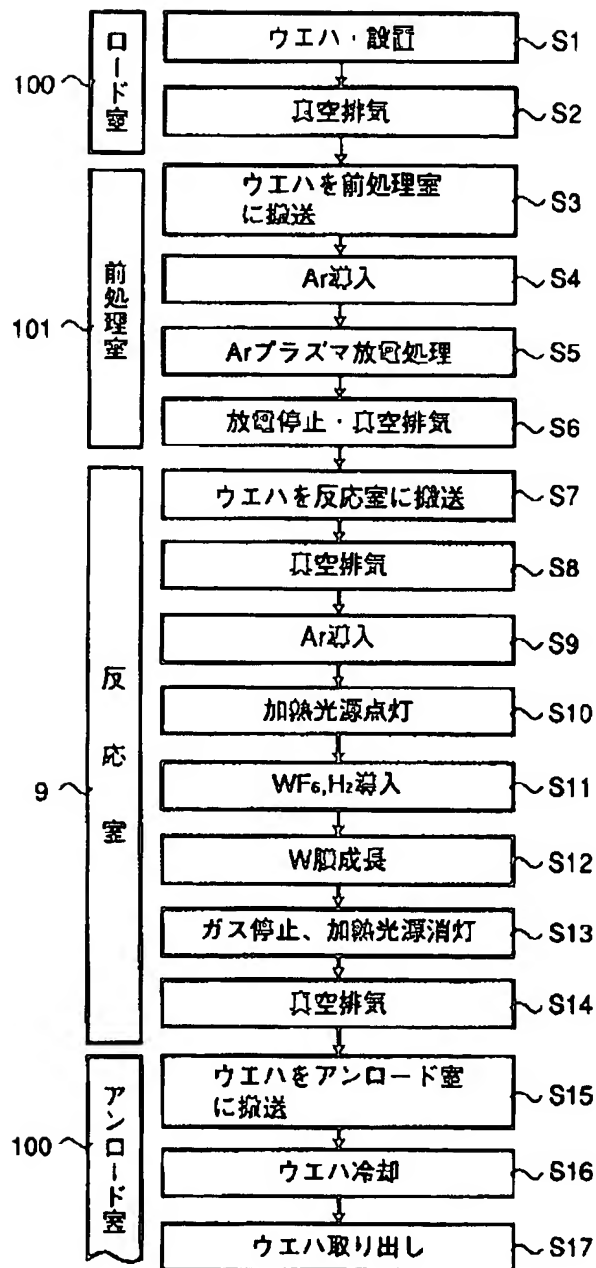
【図14】

図 14

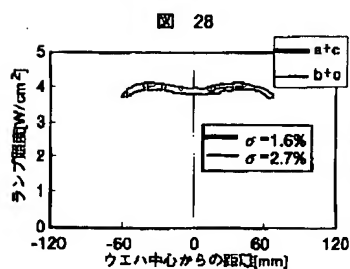


【図15】

図 15

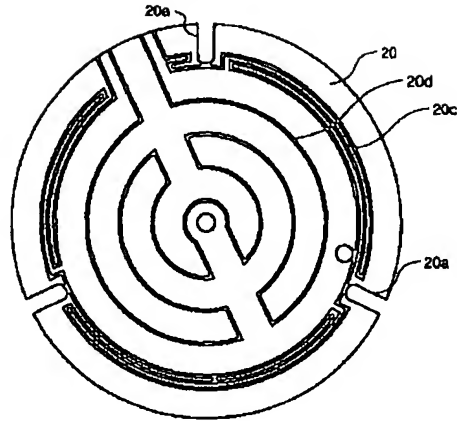


【図28】



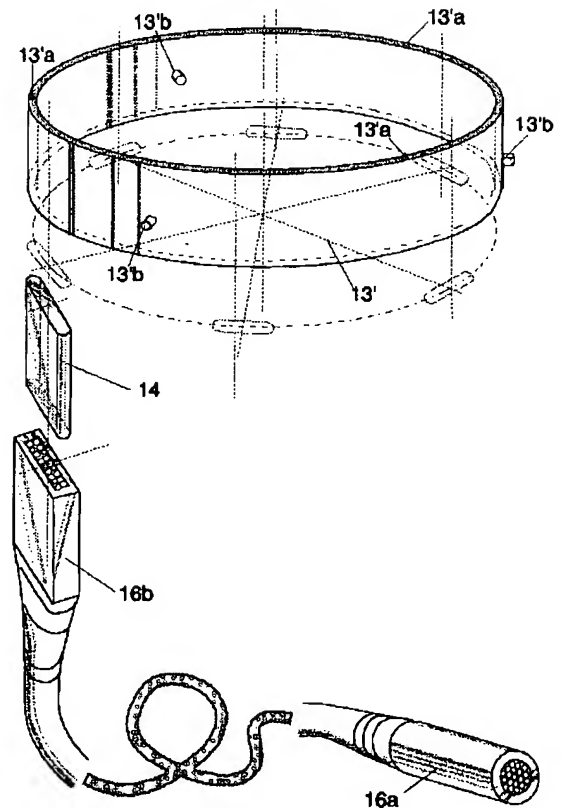
【図24】

図 24

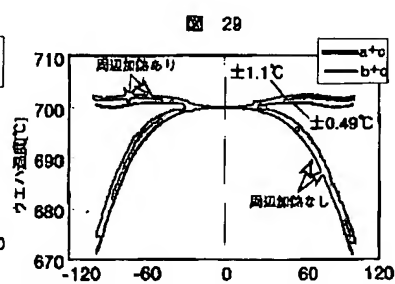


【図31】

図 31



【図29】



【図18】

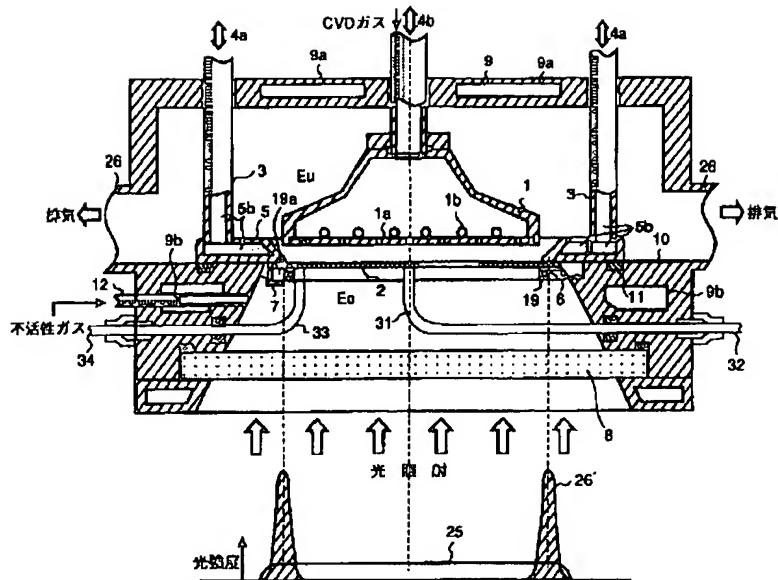
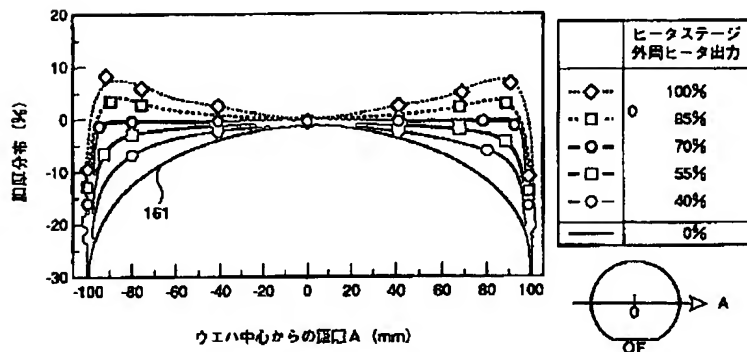


図 18

【図21】



【図47】

図 4 7

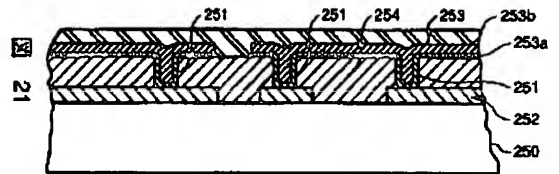


図 21

【図22】

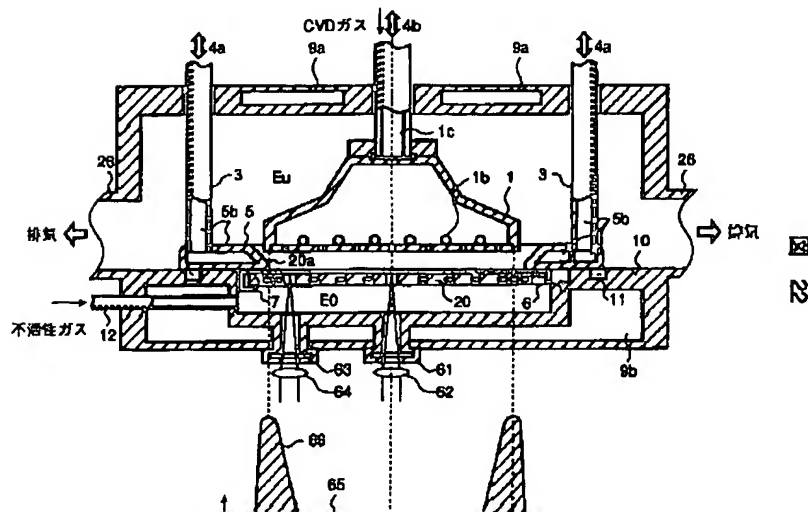


図 22

【図 30】

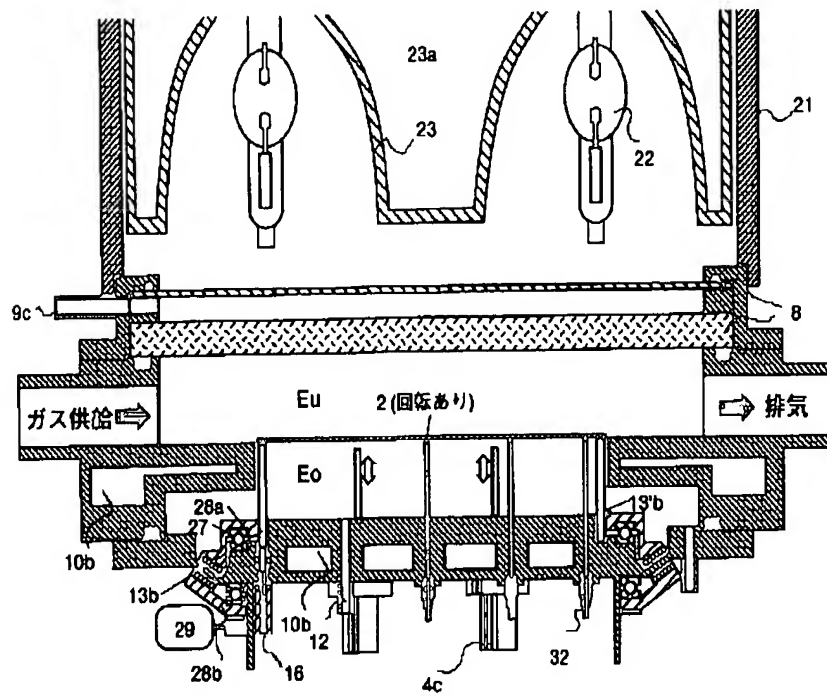


図 30

【図 32】

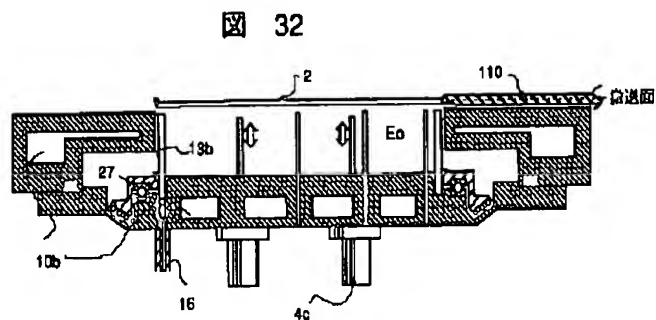


図 32

【図 33】

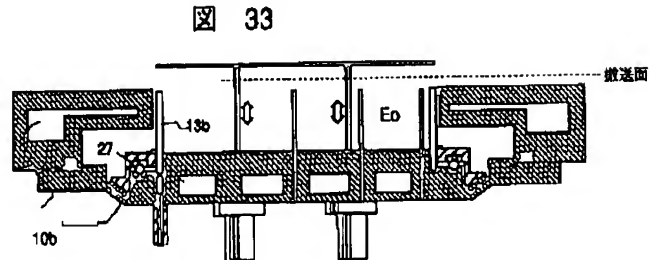


図 33

【図 34】

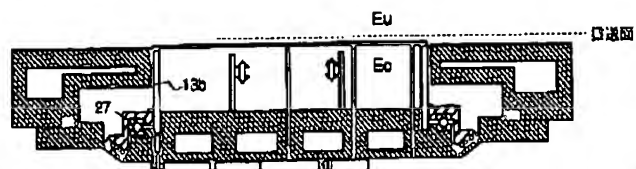


図 34

【図 36】

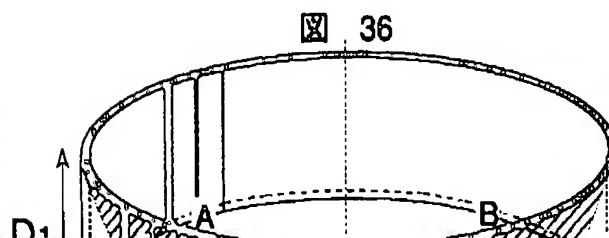


図 36

【図35】

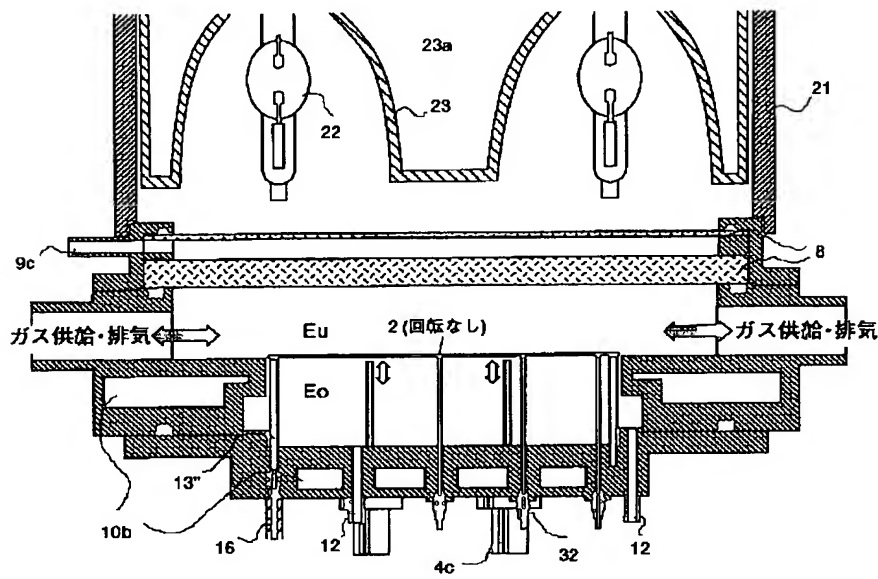
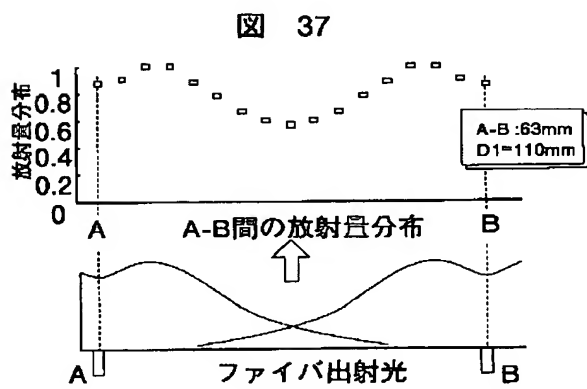
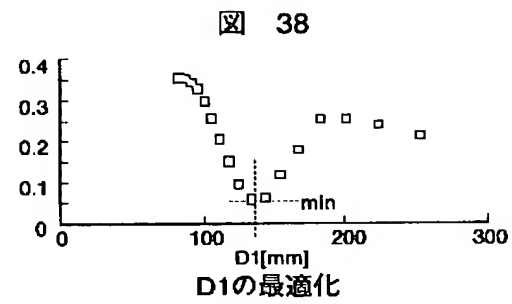


図 35

【図37】



【図38】



【図42】

【図41】

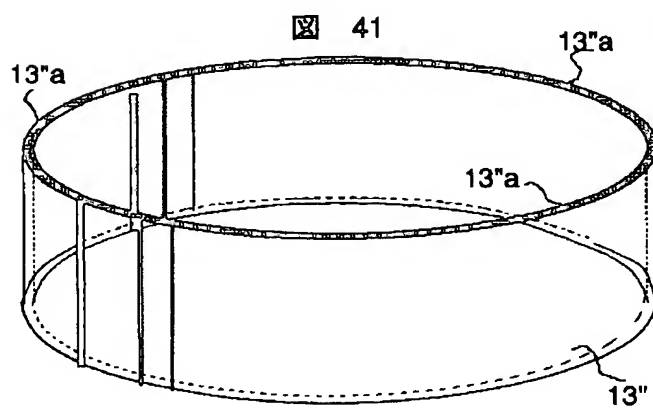
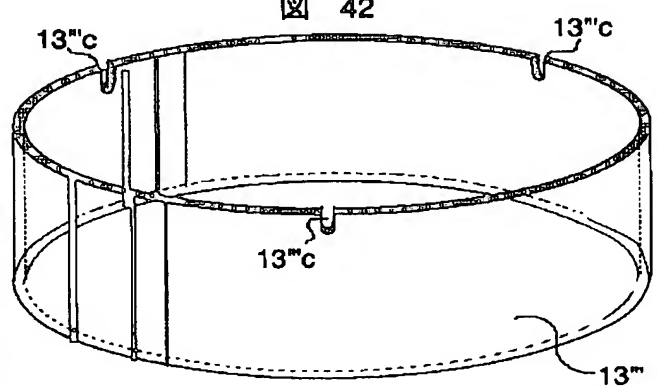
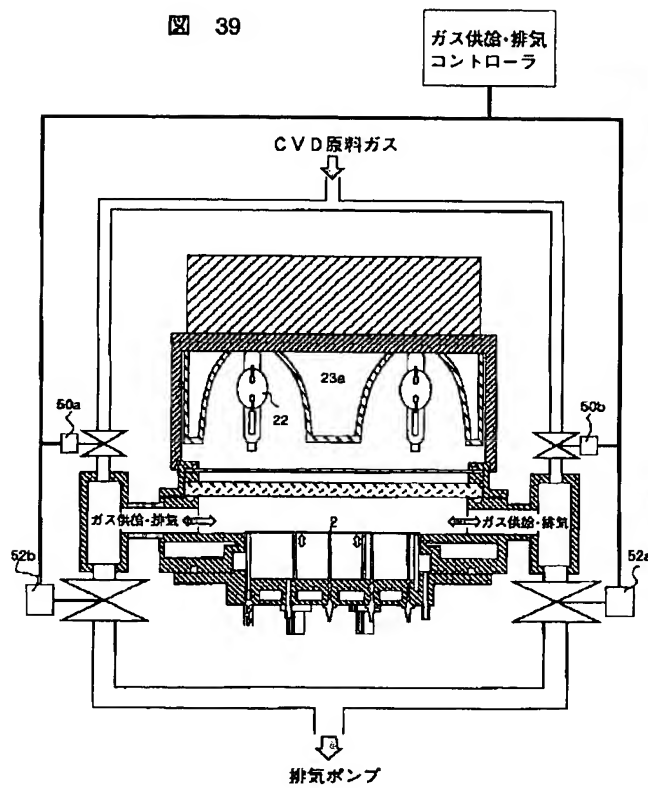


図 41

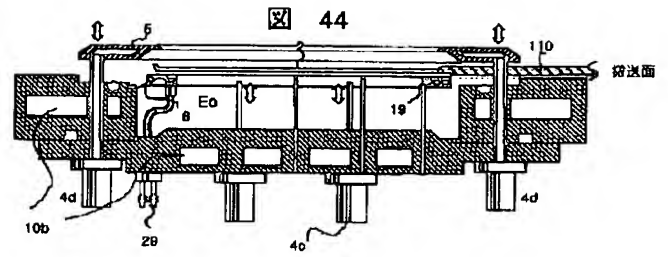
図 42



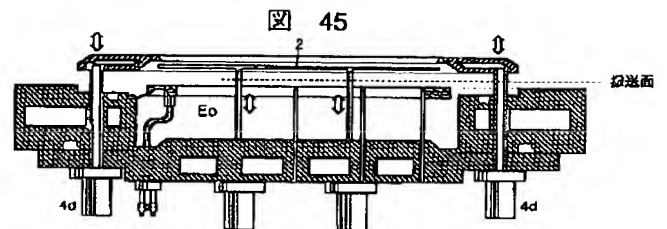
【図39】



【図44】



【図45】



【図40】

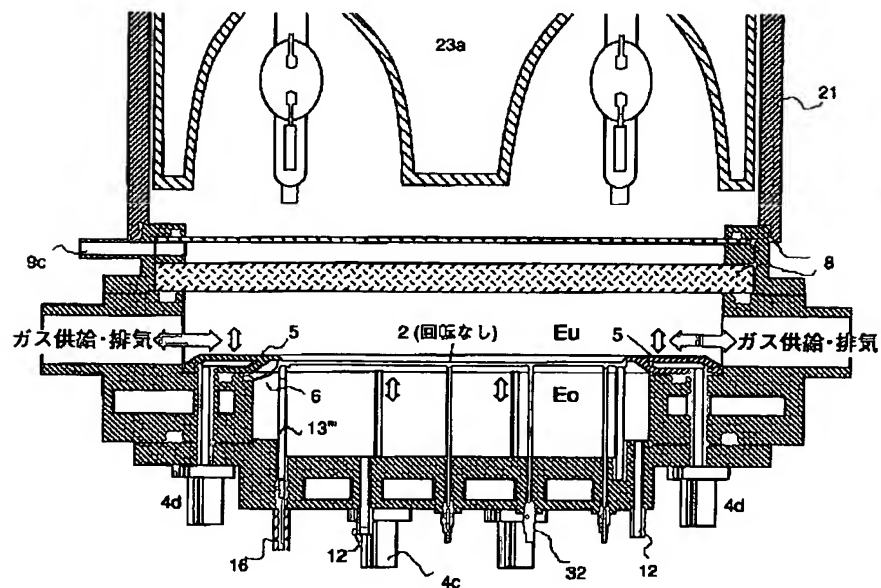


図40

【図43】

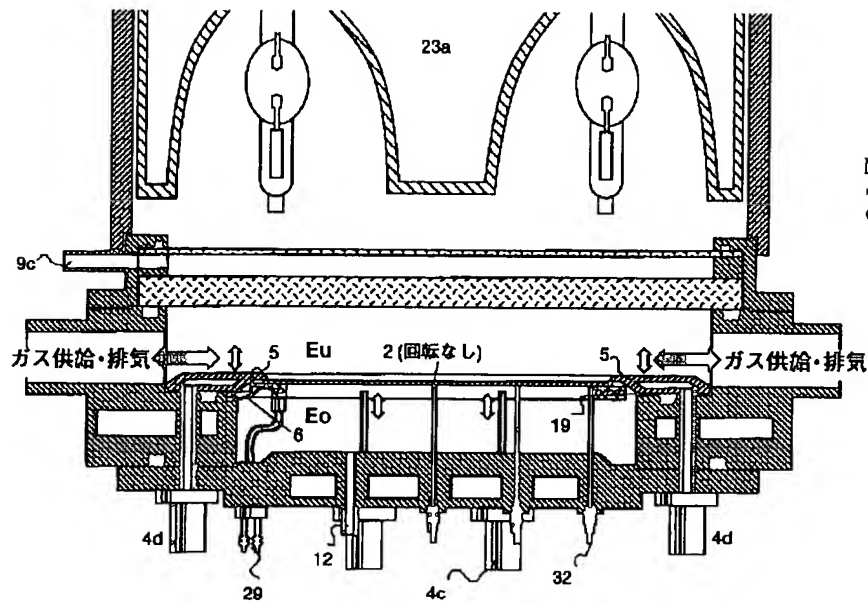
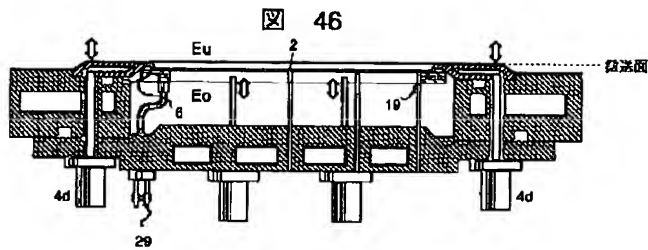


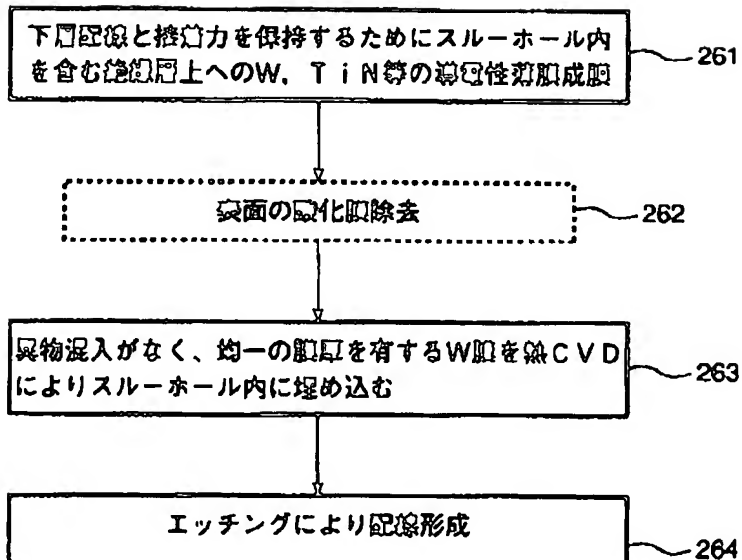
図 4 3

【図46】



【図48】

図 4 8



フロントページの続き

(72)発明者 荒井 利行
東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 鈴木 美和子
東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 小林 秀
東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 星野 正和
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

(72)発明者 渡辺 智司
茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
立製作所機械研究所内

(72)発明者 松原 直
東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 野口 雄二
東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 内野 敏幸
東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株
式会社日立製作所半導体事業部内

(72)発明者 高松 朗
東京都小平市上水本町五丁目20番 1 号 株
式会社日立製作所半導体事業部内